

福井大学
学位論文〔博士(工学)〕

防災・減災のための情報共有に関する研究

2011年3月

下 羅 弘 樹

梗概

災害では死傷等の個人単位の被害からインフラ被害や経済への波及など広汎に影響をおよぼす被害が想定される。日本は地理的、自然的条件的に災害を受け易い国であり、そのためこれまでも地震、暴風、洪水などによって大きな被害を被ってきた。今後も、東海、南海、東南海地震、東京湾北部地震など、直接被害数十～百兆円超、死者数 数千～一万人超となる大災害による被害が予想される。しかしながら、防災対策機関間での情報共有の観点からその対策がまだ十分ではない。現場から国レベルまでの災害情報の共有が効率的になされないとそれぞれが有効な対策を打つことは難しい。このような現状を踏まえ、特に災害時の情報共有に関して研究を行った。

まず、災害時のコンピュータ間での情報共有に適したアーキテクチャを提案した。災害対応各機関はすでに機関内での情報システムを持つところもあり、各機関の実状に合わせて整備されている場合がある。しかしながら、各機関の業務に特化した形式で整備されていることがほとんどであり、それぞれの機関での情報共有化に際して適しているとは言い難い。災害の個々の情報共有システムがすでに存在する場合があることを前提として、それらを有機的に連携するための枠組として各情報システム間のプロトコルを定め、ゆるやかに情報システム連携を行うことで有効な情報共有を行うアーキテクチャを提案した。

次に、災害に対する効果的な情報共有のための情報項目とその表現方法についても整理を行った。これまで通信等で共有する主な情報は被害の集計情報であった。実際に有効な対策を立てるためには情報を必要とする場所に応じた細かな災害情報が必要であるが、そのための情報形式の規定が必要である。災害対応はとりわけ実社会との関わり合いが強く、社会に存在する広範囲にわたる分野の情報表現が必要である。現在のところこれら広範囲な情報を共有するための網羅的かつ整理された共通的な情報構造は存在しない。この問題に対処することができるアーキテクチャを目指すと同時に災害時の情報共有のための表現形式について考察を行う。これらアーキテクチャおよび、情報形式に対して考察し、実証実験による確認を行った。

また、減災上特に重要な具体的な課題に対しても、検討を行った。共有するデータのそれぞれに対しても価値の高い情報に加工するための課題が存在する。必要な情報には現場レベルと細かな情報から、大域レベルの広域な情報まで多くの情報があり、それらを有機的に結合して共有することが求められる。現場レベルの細かな情報の共有と大域レベルの広域な情報の共有では必要となる課題も異なるため、それぞれに対し、減災上特に重要な具体的な課題に対し、検討を行った。現場レベルの情報としては、人命救助のために特に重要な被災者救助支援情報について検討を行った。大域レベルの情報としては、広域連係では最重要課題の一つと考えられている道路情報について検討を行った。

以上のように本論文では全体のアーキテクチャ、アーキテクチャ上での情報項目の策定、アーキテクチャ上の情報共有に対する個々の情報取得の課題に至るまで、防災・減災のためのコンピュータシステムにおける全体から部分までを包括して検討を行った。

謝辞

本論文を執筆するにあたり，多くの方々にご支援，御助言，励ましを頂きました．心より感謝致します．

まず福井大学大学院工学研究科の小倉久和教授，小高知宏教授，黒岩丈介準教授，白井治彦技官，電気通信大の西野順二助教に感謝します．諸先生方には多くの御指導，御助言を頂きました．心より御礼申し上げます．小倉研究室の久保長徳氏，船上頼光氏，廣嶋恭一氏，諏訪いずみ氏，森下卓哉氏，河原林友美氏，平塚紘一郎氏，加藤公德氏らには，研究に関して議論を交し合い，御助言を頂きました．ありがとうございます．

学部時代，故 福井大学 川口湊教授には大変お世話になりました．研究の進め方や考え方，ソフトウェアに対する考え方など多くのことを教えて頂きました．深く感謝致します．

竹内郁雄 元東京大学教授には，防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センター 川崎ラボラトリー時代を含め，大変お世話になりました．計算機科学の分野，防災・減災の分野双方で御指導，御助言を頂きました．心より感謝致します．小藤哲彦氏には，森下卓哉氏と共に災害シミュレーションを含む様々な件に関して議論を交して頂き，さまざまな知見を得ることができました．また，川崎ラボラトリーの他のみなさまにも大変お世話になりました．防災科学技術研究所での研究から本論文は大きな影響を受けました．感謝致します．

産業技術総合研究所の野田五十樹氏には研究や執筆を含み多くの御指導，御助言を頂きました．心より感謝致します．また，CMD ラボ 松井宏樹氏，産業技術総合研究所 篠田孝祐氏，副田俊介氏，秋山英久氏，山下倫央氏，Excite 太田正幸氏，横田裕思氏とは研究に関して議論を交し合い，大くの助言を頂きました．感謝致します．

本論文を執筆できたのも，大勢の方々のおかげです．どうもありがとうございます．厚く感謝申し上げます．

目次

第1章 はじめに	1
1.1 研究の背景	2
1.2 これまでに起きた災害	2
1.2.1 兵庫県南部地震	2
1.2.2 新潟県中越地震	2
1.3 今後予期される災害	2
1.3.1 東海地震	2
1.3.2 南海・東南海地震	2
1.3.3 東京湾北部地震	2
1.4 現状の災害対策の問題点	3
1.5 研究の方針	3
1.6 本論文の構成	4
第2章 本研究で扱う課題	6
2.1 アーキテクチャ	6
2.2 スキーマ	6
2.3 移動体データ	6
2.3.1 背景	6
2.3.2 レスキューロボット	7
2.4 プロブカー	8
第3章 減災のための分散アーキテクチャ	9
3.1 はじめに	9
3.2 災害情報規格化の重要性と課題	10
3.3 情報共有システムの技術的要件	10
3.4 減災のための分散システムアーキテクチャ	12
3.4.1 全体構成	12
3.4.2 減災情報共有プロトコル	13
3.5 提案アーキテクチャの評価実験	14
3.5.1 コアシステムの実装	14
情報共有データベースシステム DaRuMa	14
接続支援ツール群	15
3.5.2 実証実験	15

見附実証実験	16
豊橋実証実験	17
3.5.3 共有情報を利用したシミュレーション	18
3.5.4 システム統合開発評価	19
3.6 まとめと今後の課題	19
第4章 防災共有情報スキーマの策定	21
4.1 はじめに	21
4.2 目的と課題	22
4.3 関連事例	22
4.4 災害情報共有のための防災情報システムと機能	24
4.5 地方自治体の災害対応活動における情報共有項目	24
4.5.1 防災情報システムで扱われる防災情報項目	24
4.5.2 水害対応に関する情報項目	24
4.6 災害情報記述言語としての XML	25
4.6.1 XML 文書を用いる理由	25
4.6.2 災害情報のための XML スキーマの設計方針	25
4.6.3 メタデータからの基本スキーマの設計	26
メッセージスキーマ	28
備考注釈・添付データスキーマ	29
発信者氏名組織スキーマ	29
時間時刻スキーマ	30
場所スキーマ	30
4.6.4 応用スキーマの設計	31
4.6.5 指示連絡情報/応答/発令	31
4.6.6 第4号様式	32
4.6.7 避難所情報	32
4.6.8 各種被害報告	32
4.8 評価と課題	40
4.9 まとめ	42
第5章 移動体のための動的座標変換	43
5.1 はじめに	43
5.2 情報共有データベースシステムの要件	43
5.3 減災情報共有プロトコル	44
5.4 座標系変換登録	45
5.5 レスキューロボット実証実験	47
5.6 まとめと今後の課題	47

第 6 章	プローブカーを用いた道路情報共有	49
6.1	はじめに	49
6.2	プローブカー情報の減災利用	50
6.2.1	プローブカーシステム	50
6.2.2	プローブカー情報の減災利用の特長	50
6.3	新潟県中越沖地震における通れた道路マップの試験提供	50
6.3.1	通れた道路マップ	50
6.3.2	通れた道路マップの試験提供	52
6.3.3	通れた道路マップの位置づけと得られた課題	52
6.4	プローブカー情報による道路状況の把握の可能性	52
6.4.1	交通規制状況とプローブカーの軌跡	55
6.4.2	プローブカー情報による道路被害箇所の把握	55
6.5	プローブカーを用いた災害時道路情報配信の事業化に向けた検討と展望	59
6.6	まとめ	59
第 7 章	考察	61
7.1	災害情報共有における情報システムのアーキテクチャ	61
7.2	情報の全共有と部分的共有	62
7.3	個人情報	62
7.3.1	安否情報	62
7.3.2	山梨大学医学部附属病院実験	62
7.3.3	プローブカー情報	63
7.3.4	個人情報のトレードオフ	63
7.4	まとめ	64
第 8 章	まとめ	65
付録 A	XML データのための階層構造インターフェース	71
A.1	はじめに	71
A.2	XML ファイルシステムインターフェース	71
A.3	FUSE-XML の構成	72
A.4	使用例	72
A.5	XML とファイルシステムのマッピングの詳細	73
A.5.1	繰り返し要素の対応	73
A.5.2	XML 名前空間とパス名の使用可能文字に関する対応	74
A.6	まとめ	74

第1章 はじめに

本論文では災害時の情報共有について検討を行う。災害時において迅速な災害対応を行う上でいかに効率的に情報共有を行うことができるかは重要な課題である。災害時において減災につながる情報共有を行うには、さまざまな災害に係わる情報システムをいかに連携させるかが重要である。これらの情報システムには、現場レベルの詳細な情報を扱うシステムから、都道府県や国のようなマクロな情報を扱うシステムまでさまざまなものが存在し、また連携の形態も、市町村間や現場での情報共有のような横の連携、市町村と都道府県のような縦の連携など多様である。このため災害時における情報共有を有効に実現するためには、多種多様なシステムを縦横に柔軟に接続・連携させることが重要な課題となる。しかし、従来のシステムは基本的には各機関内において稼働させることに重点が置かれ、自治体(都道府県市町村)と防災関係機関(交通機関、電力・通信・ガスなどのライフライン企業)との間の情報伝達・共有など、全体としての共有化が図られているとはいえない。

そこで、複数の災害対応機関間での情報連携のためのアーキテクチャを提案し、その上複数機関で情報共有するために重要な防災情報の規格化のための検討を行った。本アーキテクチャは現場レベルの情報共有から広域レベルの情報共有までを包括するものである。本アーキテクチャ上での応用として現場レベルでの人命救助に関わる重要な情報である現場情報の共有に関する検討を行なった。また、広域で減災のために最も重要な情報の一つである道路情報についても検討を行った。本章では研究の背景、現状の問題点について述べた後、以下の各章について概要を述べる。

1.1 研究の背景

災害では死傷等の個人単位の被害からインフラ被害や経済への波及など広汎に影響をおよぼす被害が想定される。日本は地理的、自然的条件的に災害を受け易い国であり、そのためこれまでも地震、暴風、洪水などによって大きな被害を被ってきた [1, 2]。これまでの災害に対して、耐震基準の見直しや防災体制の見直し、治水工事等、さまざまな防災対策が取られており大きな成果を上げている。しかしながら、大地震等の大規模災害では甚大な被害が出ざるを得ない。そのため被害が出ることを想定した上でその被害をいかに軽減化するかが重要である。

阪神・淡路大震災を契機として、大災害に対しては事前対策だけでは災害を防ぎきることができないことが判明してきたため、被害が出ることを想定した上でその被害を最小化する減災という考え方が重要視されてきている。単なる建物の補強のみならず、社会的な体制づくりやインフラの整備、災害情報の共有、長期的な復興や、被害地での救助体制、帰宅困難者の問題などさまざまな要因を考えていく必要がある。

1.2 これまでに起きた災害

これまで大規模な災害による甚大な被害が出ている。まずは、以下に代表的ないくつかの例を示す。

1.2.1 兵庫県南部地震

1995年1月17日午前5時46分、兵庫県南部にて兵庫県南部地震と呼称される大規模な地震が発生した。地震の規模はM7.3であり、神戸市、芦屋市、西宮市などで最大震度7を記録した。この兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災では死者・行方不明者6437名、負傷者約4万人超、その内重症者8千人以上もの人的被害が出た。また、物的被害でも住宅全壊約10万

5,000棟を含む甚大な被害となり、直接被害は総額9兆6000億円に上る [1, 3]。

1.2.2 新潟県中越地震

2005年10月23日17時56分頃、地震の規模はM6.8であり、川口町で最大震度7を記録した。この地震では死者46名、負傷者4801名のほか住家全壊2,827棟、半壊12,746棟、一部破損101,509棟の被害となった [4]。

1.3 今後予期される災害

これまでの経験等から甚大な被害をもたらすと考えられる地震が予測されている。その中でも特に被害の大きいと考えられているものを以下に示す。

1.3.1 東海地震

直接被害約37兆円、死者数7,900～9,200人、建物全壊棟数23～26万棟とされており、[5, 6]大規模な被害が予想される。

1.3.2 南海・東南海地震

南海地震、東南海地震は、これまで東海地震と連動して起こっており、広い範囲に大規模な被害が予想される。

1.3.3 東京湾北部地震

首都直下でのM7クラスの地震が30年以内に70%の確率で起こると言われており大規模な被害が予想されている [7, 8]。

地震発生の蓋然性が高く都心部または都心部周辺で発生しうる18のタイプの地震が想定地震として選定されている [9] が特にその中でも被害の大きいと想定されているのが東京湾北部地

震である。国の首都直下地震の被害想定 [10] によると、東京湾北部地震の被害は死者約 11,000 人、建物全壊棟数・火災焼失棟数約 85 万棟、約 112 兆円と試算されている。日本の国家予算額を越える額の被害が出る上、首都機能の低下など深刻な事態になることが懸念されている [11]。

都、県の境を越えた広い範囲で震度 6 弱以上の震度となり、複数の都、県、市町村をまたがる広域な連係が重要となる。

1.4 現状の災害対策の問題点

前節で述べたように今後も地震等による被害が予想される。しかしながら、防災対策機関間での情報共有の観点からその対策がまだ十分ではない。

大地震等の大規模災害の場合、特に今後予想される首都直下地震や東海・南海・東南海地震では都、県の境を越えた範囲においての広域連係が重要となる。また、現場から国レベルまでの災害情報の共有が効率的になされないとそれぞれが有効な対策を打つことは難しい。例えば阪神・淡路大震災のときには被害の大きな場所では、情報が入りにくかったため被害の把握に時間がかかり、初動が遅れたという問題がある。

このような情報共有の重要性自体は認識されているものの、現状では FAX などの昔からの紙ベースの方法に頼る体制を持つ組織が多く、情報システムを持つところであってもそれぞれの組織内の情報共有に留まっている組織がほとんどである。これらの情報システムには、現場レベルの詳細な情報を扱うシステムから、都道府県や国のようなマクロな情報を扱うシステムまでさまざまなものが存在し、また連携の形態も、市町村間や現場での情報共有のような横の連携、市町村と都道府県のような縦の連携など多様である。このため災害時における情報共有を有効に実現するためには、多種多様なシステムを縦横に柔軟に接続・連携させることが重要な課題となる。しかし、従来のシステムは基本

的には各機関内において稼働させることに重点が置かれ、自治体 (県・市町村) と防災関係機関 (交通機関、電力・通信・ガスなどのライフライン企業) との間の情報伝達・共有など、全体としての共有化が図られているとはいえない [12, 13]。現在防災用に作成されているシステムも徐々にネットワークに対応したシステムに移行しているが、組織をまたがる情報共有に対してはインターオペラビリティ (相互運用性) についての課題がある。各システム間のデータ表現形式の違いや通信方式の相違等といった技術的な問題や、扱う情報項目の違いや必要とされる情報精度の違いといった社会的な問題があり、システムの相互接続による災害情報共有の大きな壁となっている [13]。

1.5 研究の方針

このような現状を踏まえ、以下のように方針を立てた。

災害時情報共有のためのプロトコル、およびそのプロトコルを扱うサーバシステムを提案し、その上で課題となる情報項目の整理や実際のデータ共有のための課題の検証を行う。

災害対応各機関はすでに機関内での情報システムを持つところもあり、各機関の実状に合わせて整備されている場合がある。災害の情報共有に使用するシステムを統一し、同一のシステムを複数の機関に設置し使用するアプローチがあり、この種のシステムの例として医療情報を共有するシステム EMIS (Emergency Medical Information System) 等が広く使われている。しかしながら既存の医療システムとは直接関係せず、EMIS に対して別途入力が必要になるため入力に二重の手間がかかる。そのため実際にはデータが少なくなり、平常時でも想定したとおりには運用できていない [14]。このような現状をふまえ、災害の個々の情報共有システムがすでに存在する場合があることを前提として、それらを有機的に関係するための枠組として機器

間のプロトコルを定めることによって有効な情報共有を行うアーキテクチャを提案する。

また、共有する情報に関して、これまで通信、FAX 等で共有する主な情報は、被害の集計情報であった。実際に有効な対策を立てるためには情報を必要とする場所に応じた細かな災害情報が必要であるが、そのための情報形式の規定が必要である。災害対応はとりわけ実社会との関わり合いが強く、社会に存在する広範囲にわたる分野の情報表現が必要である。現在のところこれら広範囲な情報を共有するための網羅的かつ整理された共通的な情報構造は存在しない。この問題に対処することができるアーキテクチャを目指すと同時に災害時の情報共有のための表現形式について考察を行う。これらアーキテクチャおよび、情報形式に対して考察し、実証実験による確認を行う。

また、共有するデータのそれぞれに対しても価値の高い情報に加工するための課題が存在する。必要な情報には現場レベルと細かな情報から、大域レベルの広域な情報まで多くの情報があり、それらを有機的に結合して共有することが求められる。現場レベルの細かな情報の共有と大域レベルの広域な情報の共有では必要となる課題も異なるため、それぞれに対し、減災上特に重要な具体的な課題に対し、検討を行う。

現場レベルの情報としては、人命救助のために特に重要な被災者救助支援情報について検討を行う。

大域レベルの情報としては、広域連係では最重要課題の一つと考えられている道路情報について検討を行う。

以上のように本論文では全体のアーキテクチャ、アーキテクチャ上での情報項目の策定、アーキテクチャ上の情報共有に対する個々の情報取得の課題に至るまで、防災・減災のためのコンピュータシステムにおける全体から部分までを包括して検討を行う。

1.6 本論文の構成

本節では本論文の構成を述べる。

まず第 2 章にて本研究全体のアーキテクチャを述べる。その上で、その後の第 3 から第 6 章にて個別の研究要素について述べる。その後第 7 章にて考察を行い、第 8 章にてまとめと今後の展望について述べる。

第 3 章では、災害時情報共有のためのプロトコル、およびそのプロトコルを扱うサーバシステムを提案する。提案するシステムは、プロトコルとしてオープンな標準規格を用い、既存システムを柔軟に接続する事が出来る。本章に関わる研究は、文部科学省 科学技術振興調整費・重点課題解決型研究プロジェクト「危機管理対応情報共有技術による減災対策」の研究項目「減災情報共有プラットフォームの開発」の研究助成を受けて行ったものである。本章の本質的な内容については文献 [15] にて報告した。

第 4 章では、災害時に複数機関で情報共有を行うための共通データ構造の設計方針、設計手法について提案する。本章に関わる研究は、文部科学省 科学技術振興調整費・重点課題解決型研究プロジェクト「危機管理対応情報共有技術による減災対策」の研究項目「減災情報共有プラットフォームの開発」の研究助成を受けて行ったものである。本章の本質的な内容については文献 [16] にて報告した。

第 5 章では移動ロボット等のセンサを持つ移動体群による空間地図作成、空間情報共有のためのプロトコル、およびそのプロトコルを扱うサーバシステムを提案する。提案するシステムでは、レーザーレンジファインダ等の移動ロボット上のセンサで得られる計測されたデータを保存できる。また、外部から各データの座標系定義を与えることで、空間地図作成、ロボット位置同定が可能になる。本章に関わる研究は、NEDO「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト 被災建造物内移動 RT システム (特殊環境用ロボット分野) 閉鎖空間内高速走行探査

群ロボット」の研究助成を受けて行ったものである。

第6章では災害時に最も重要な情報の一つである道路情報の共有について検討した。車両の位置をGPSで取得し、共有することにより通行可能な道路や通行状況などある程度の道路状況を把握することができる。本章の本質的な内容については文献[17]にて報告した。

第7章にて考察、第8章にてまとめと今後の課題について述べる。

第2章 本研究で扱う課題

本章では、以後の各章における研究の位置付け、および研究概要を述べる。

2.1 アーキテクチャ

災害時情報共有のためのプロトコル、およびそのプロトコルを扱うサーバシステムを提案する。災害時において情報共有をいかに行うかは迅速な災害対応を行う上で重要であるが、実際の災害現場では紙ベースあるいは閉鎖的なシステムによる情報管理が行われており、十分な情報共有が行なわれていない。提案するシステムは、プロトコルとしてオープンな標準規格を用い、既存システムを柔軟に接続する事が出来る。

2.2 スキーマ

災害時には、あらゆる災害対応情報がやり取りされている。しかし、災害対応実施機関は各種情報システムを整備しているが、他機関との情報共有を考慮したデータ構造になっていないために円滑な情報共有が行なわれていない。本研究では、災害対応の一例として水害に焦点を当て、水害対応に関する業務と情報を分析し、情報項目の体系化を試みた。さらに、XMLを用い、他機関と災害対応情報を共有することを目的としたデータ構造(XMLスキーマ)の設計方針・手法を提案し、スキーマを構築した。提案スキーマは、共通情報をまとめた基本スキーマと個別情報をまとめた応用スキーマで構築されているところが特徴である。また、水害対応経験がある新潟県見附市で行なった実証実験で使用し検証された。実証実験は、2004年新潟福

島豪雨災害の事象を踏まえたシナリオに合わせ、参加7機関・協力11機関の参加のもと13種類のXMLスキーマに沿ったデータを複数の情報システムとネットワーク越しに情報共有を試みた。XMLスキーマの評価は、見附市職員へのアンケート調査で災害対応業務の実効性の側面から回答してもらい、情報共有が円滑に出来ており有用であるとの評価を得た。また、XMLスキーマを実際に情報システムで扱った参加機関の担当者に対してもアンケート調査し、課題はあるものの、必要な情報を共有できたとの評価を得た。

2.3 移動体データ

移動ロボット等のセンサを持つ移動体群による空間地図作成、空間情報共有のためのプロトコル、およびそのプロトコルを扱うサーバシステムを提案する。提案するシステムでは、レーザーレンジファインダ等の移動ロボット上のセンサで得られる計測されたデータをそのまま保存するとともに、外部から各データ間の座標系定義を与えることで、空間地図作成、ロボット位置同定が可能になる。

2.3.1 背景

前章で述べたように、これまでの大震災では家屋倒壊が起こり、それにより多くの人々が生

き埋めになり多くの死傷者が出ている。死亡、負傷原因のほとんどは、地震直後の家屋倒壊や家具の下敷きによる。これらに対する対策としては、耐震基準の変更による新築時の耐震強度向上、現存家屋の耐震補強、家具の固定等が有効である。耐震基準に関しては阪神・淡路大震災を契機として、建築基準法が見直され改訂が行われている。ただし、新しく建てられる建築物には新しい耐震基準が適用されるが、改訂以前から存在する建築物には新しい基準が適用されず、耐震補強の義務も無い。そのため、既存不適格建築物と呼ばれる、新しい基準を満たしていない建築物が多く現存している。これらは地震によって倒壊するおそれがあるが、耐震補強には費用がかかり、そのままになっているものも多い。効果的な耐震補強にかかる費用は、木造で 50 万円～350 万円程度 [18] と高額なため必ずしも簡単に補強できる訳ではない。東京であれば、特に下町等の居住区域に既不適格建築物が多数存在する。特に関東大震災の直後に建てられた建物は老朽化も激しく、倒壊する可能性が高い。

今後の大震災でも、建物倒壊により生き埋めになる要救助者が多数出ることが想定される。例えば、東京湾北部地震では火災被害、建物倒壊を含めて 85 万棟と想定されており、多くの要救助者が出ることが想定される。これまでの大震災の例では、発見前にすでに死亡しており、助からないことが最も多いが、救助により助かった人々も多い。阪神淡路大震災では 18,000 人以上が救助されたとされている [19, 20]。

一般に生存率は時間とともに下がるとされており、可能な限りの迅速な救助が求められる。特に発災後 72 時間を越えると生存率が 1 割以下まで低下するため、どれだけ早急に救出できるかが重要である。

以上のように多数の建物倒壊が避けられない状況において、人的被害を減らすためには要救助者の発見、救助、治療をいかに迅速に行うことができるかが非常に重要な要素となる。

2.3.2 レスキューロボット

震災等の災害やテロ等の人命救助に関わる現場において、災害状況を的確にかつ可能な限り早急に把握することは救助の視点からも非常に重要な課題である。しかしながら、レスキュー隊員が危険な地域への立ち入りを行うことは二次災害を発生させる危険がある。そのため、危険な地域や瓦礫のすき間などの人間の侵入できない狭い場所の調査には、ロボットを用いての安全な場所からの遠隔操作による探査が期待されている。通常、ロボットの正確な位置、向きを取得することは技術的に困難であり、ロボットの自己位置推定と地図作成を同時に行う SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) と呼ばれる手法など、レーザーレンジファインダ等のセンサやオドメトリ情報などをもとにして自己位置推定、地図作成を行う研究が行われているが、ロボット位置に誤差が含まれることは避けられない。そのため、必ずしも正確でない情報を探査ロボットが報告することになる。情報を集約して正しいと思われる形で共有するためには、データ登録後での位置の誤差補正が可能なことが望ましい。また、災害に関わる情報には、さまざまなものが存在するため、これらを表現し有効に共有できるシステムが求められており [12, 13]、災害における標準的な情報構造を規格化していくことが重要である [21]。

そこで我々は、災害時探査ロボットを含め災害時の情報共有に適したデータベースシステム DaRuMa (DATAbase for Rescue Utility Management) を開発した。本稿では、本データベースシステムについて述べ、移動ロボットのための座標系モデルを提案する。また、それらの有効性を検証した実証実験についても述べる。

2.4 プロブカー

災害時の救急・救援活動や復旧活動に際して自動車の利用は不可欠であり、道路情報は最も重要な情報の一つである。しかし、大きな災害に際しては、刻々と変化する広域の道路状況をリアルタイムに把握することは容易ではなく、適切な情報が提供されているとは言い難い状況である。本稿では、プロブカー情報の減災利用に関する取り組みの一環として、2007年7月新潟県中越沖地震における「通れた道路マップ」の試験提供の取り組みについて報告するとともに、抽出された課題を提示した。さらに、プロブカーによる道路被害把握の可能性についても実データに基づき検討し、プロブカー情報の減災利用の実現に向けた課題と展望について議論した。

第3章 減災のための分散アーキテクチャ

災害時情報共有のためのプロトコル，およびそのプロトコルを扱うサーバシステムを提案する．災害時において情報共有をいかに行うかは迅速な災害対応を行う上で重要であるが，実際の災害現場では紙ベースあるいは閉鎖的なシステムによる情報管理が行われており，十分な情報共有が行われていない．提案するシステムは，プロトコルとしてオープンな標準規格を用い，既存システムを柔軟に接続する事が出来る．

3.1 はじめに

災害時において減災につながる情報共有を行うには，さまざまな災害に係わる情報システムをいかに連携させるかが重要である．これらの情報システムには，現場レベルの詳細な情報を扱うシステムから，都道府県や国のようなマクロな情報を扱うシステムまでさまざまなものが存在し，また連携の形態も，市町村間や現場での情報共有のような横の連携，市町村と都道府県のような縦の連携など多様である．このため災害時における情報共有を有効に実現するためには，多種多様なシステムを縦横に柔軟に接続・連携させることが重要な課題となる．しかし，従来のシステムは基本的には各機関内において稼働させることに重点が置かれ，自治体(県・市町村)と防災関係機関(交通機関，電力・通信・ガスなどのライフライン企業)との間の情報伝達・共有など，全体としての共有化が図られているとはいえない [12, 13]．

一方，情報技術の分野では，Web サービスなどを代表とする SOA (Service Oriented Architecture) の考え方に基づくシステム構築が注目を集めている．従来では，ある業務(例えば防災)の情報システムを設計する際には，その業務に関するあらゆる処理を単一のシステムで実

現できるように設計・実装してきた．それに対し SOA では，業務の機能(サービス)ごとに独立して動作するモジュールとしてソフトウェアを実現し，それらの機能を緩やかに組み合わせて業務に必要な処理を実現する．この考え方では，組み合わせの手順などを XML などの汎用的な枠組みを用いることで，サービスモジュールを個別に作成することができ，モジュールごとの漸進的なシステムの更新が可能となる．

本研究では，この SOA の考え方に基づき，各種災害対応システムを柔軟に連携させるための分散システムアーキテクチャを提案する．また，本研究ではアーキテクチャの提案のみならず，実際にその中心となる情報共有データベースシステムの実装を行い，これを誰でも自由に使えるよう公開した．さらに，複数の機関でのシステム連携を行い，本アーキテクチャの有効性を確かめた．

以降本章では，3.2 節で災害情報の規格化の重要性と課題について議論し，3.3 節でその課題をもとに情報共有システムに必要な技術的要件について述べ，3.4 節でアーキテクチャの提案，3.5 節で実際に本アーキテクチャによるシステム作成および検証のための実験を行い，3.6 節でまとめとする．

3.2 災害情報規格化の重要性と課題

大震災等の物資や人材が十分に確保できない状況では、いかに現状を把握し、適切な対応行動を行うかが重要となる。現在、さまざまな災害情報を扱うシステムが用いられているが、それらは組織を越えて十分に連携されているとはいえない。例えば、ほとんどの自治体では入ってくる情報を整理し、現在の状況を上位機関に報告する作業に膨大な手間が取られている [22]。現場と災害対応機関、自治体とその上位機関の連携がコンピュータシステムを通してスムーズに行えるようになれば、単なる集計作業などに人手を割かず済ませることができる。しかしながらこのような関係各組織間のスムーズな連携を行えるようにするには現在のところ課題も多い。大きな技術的な原因の一つは、各組織間での共有に必要な、情報の表現方法の統一的な形式化がまだなされていないことである。災害対応調査等で災害対策本部等でどういった情報がやりとりされたかといった調査がこれまで行われてきている [23] が、これらはコンピュータ上で扱えるものというよりは、より概念的で大きな項目の整理である。実際にコンピュータ上で情報を扱うためには、詳細まで構造を決定しなければならないが、この両者の間には大きなギャップがあり、現在のところ災害時に必要な情報を網羅的に、かつ整理された共通的で電子的に扱える情報の表現方法は存在せず、災害における標準的な表現方法を規格化していくことが重要である [21]。

ただし、規格化を進めるには課題も多い。規格化の困難な点の一つとして、まず災害に関わる情報の多様性がある。地震における物的被害情報だけでも建物被害、土砂崩れ、道路被害など様々なタイプの情報があり、雪害、噴火、台風等それぞれ必要となる情報は異なる。医療のために必要な人的被害、すなわち怪我や病気の表現だけでも簡単ではない。さらに単なる被害

情報のみならず、個人、組織の表現法、住所、天候、交通など、直接災害と関係なくとも災害対応に必要な情報もある。また、消防庁第4号様式 [24] のようなメッセージの形式や、業務命令や作業状況の表現、シミュレーション結果、写真や音声情報をどう表現するかといったコンピュータ寄りの情報形式など、災害時にシステム上で必要とされる情報構造は多種多様である。

現状では、どのような情報を共有し、その情報をいかにコンピュータ上で表現するのが被害を軽減するのに最も効果的かということは必ずしも自明ではないため、今後社会工学的な分析、現存のシステムや紙やファクシミリベースの処理等との親和性、コンピュータシステムで扱うときの効率等も考慮しながら、現実的な共通の情報構造を策定していくことが重要である。そのためには扱われる情報構造の変化にも強いシステムを設計する必要がある。

3.3 情報共有システムの技術的要件

これまで述べてきたように、災害時の効果的な情報共有のためにはデータ形式等の情報伝達の仕組みの統一化が重要である。アーキテクチャの構築にあたり、必要と思われる要件を以下のように整理した。

1. ネットワークを介した連携

災害関係各機関のコンピュータシステムは地理的に分散しており、また運用しているソフトウェアも異なる。また、同一組織内でも部署ごとに別々のシステムを持つ構造もありうる。これらのシステムの開発言語や実行環境はさまざまであるが、それらが独立に動作しつつも連携する必要がある。そのためには OS や開発言語に依存しない、ネットワーク経由での情報のやりとりが現実的であり、コン

ピュータネットワークと親和性のある形で設計されるべきである。

2. 逐次拡張性

全てのシステムを破棄して新しく全体システムを作成することは必ずしも現実的であるとは言えず、特に組織をまたがる共有を考えたときには一斉に全てのシステムを置き替えることが可能であるとは限らない。また、災害用として開発されていない一般の自治体事務システムにおいても、災害時には災害向けの情報システムの一端を担うものがあると考えられ、接続することで減災に役立つシステムが有り得る。これらのシステムをできるだけ改変なく接続でき、かつ将来に渡って順次システムの追加や置き換えが可能な全体的な技術的枠組みが必要である。

3. データの表現力

システムで扱われる情報構造は、災害時に必要なさまざまな情報を表現できる必要がある。具体的には以下のものが挙げられる。

- 文字列、数値等一般的なデータ
地名、人名、物資の量など文字列や数値は一般的によく使われるデータである。当然ながらこれらを扱える必要があり、それに加えて検索で被害の大きいものだけをピックアップする、などのように数値の大小や文字列の比較で検索できる必要がある。
- 地理データ
災害においては崖崩れ、延焼範囲など、位置や範囲が重要となる情報が多い。位置や範囲等の地理的なデータを保存するとともに、十分な速度で地理的な検索を行える必要がある。
- 時刻データ
災害時の状況は時々刻々と変化する

ため、ある情報がいつの情報であるかは非常に重要である。また一つの情報の中にも複数の時刻を持つものも存在する。例えば、1件の崖崩れ被害報告の中に通報時刻、確認時刻、報告時刻のように複数の時刻データが存在することがありうる。

● 画像等のデータ

写真、動画等の情報は被害の実状を把握する上で非常に有効な情報であり、これらテキストデータ以外の情報も扱えることが重要である。

● 構造化されたデータ

実際に災害時に扱われる情報は、被害の場所、通報時刻、その被害の写真データや報告者情報、註釈等のように複数の情報を組み合わせて扱うことがほとんどである。さらにこの場合の通報者情報は、例えば人名や連絡先等の複数の項目から構成される入れ子構造の階層的な情報となり得る。情報を単に列挙してまとめるだけでなく、階層的に情報を組合せて表現できることが望ましい。例えばリレーショナルデータベースのような単なる表形式では、階層化されたデータを扱う際、使用者が一意なキーの管理を行ない、入力データを表ごとに分割するなど、直接階層化されたデータを扱えない。できれば自然な形で階層化されたデータを扱えるほうが望ましい。

4. データ構造の顕在化・部品化再利用

災害時に共有されることで有効な情報は多数あるが、前節で述べたようにそれらを定義し、規格化していくことが重要である。それぞれの情報の構造を別々に一から定義すると、同一の事象を表現するための定義が複数できてしまい、収拾が

つかなくなる。特によく使われるものについては部品化して定義し、その定義を共有して規格化していくことで表現の統一化を図るべきである。そのためには、すでに定義されているデータ構造を用いて別の新しい構造を作成できること、現状存在するデータ構造を再利用できることが重要である。

5. 検索

災害情報を共有して必要な情報を詳細なレベルまで収集し、必要なときに必要なものが入っている状態にすることは重要であるが、災害対応時にはこれら全てを確認するだけの十分な時間はない。多量の情報から必要な情報をすばやく見付けられることが重要であり、地域、人や場所、物などさまざまな検索条件において検索できることが必要である。検索条件に関しては、災害においてはさまざまな状況が考えられるので、単に事前に検索条件を準備するだけでなく、汎用的で柔軟な検索条件を指定できることが重要である。

3.4 減災のための分散システムアーキテクチャ

前節では災害時の情報共有についての技術的用件を挙げた。本節ではそれを元に提案するアーキテクチャについて述べる。まず全体の構成においては、前節のネットワークを介した連携、逐次拡張性の項で述べたように、すでに存在するシステムをできるだけ改変なく接続でき、かつ順次システムの追加、更新が可能なよう、ネットワーク上での接続方式を共通化して接続するようにした。これを3.4.1 節で詳しく述べる。次に3.4.2 節で、前節のデータの表現力、データ構造の顕在化・部品化再利用、検索の項

で述べた機能を元に設計した接続方式について述べる。

3.4.1 全体構成

本アーキテクチャでは、図3.1のように、中央に情報共有データベースシステムを置き、各情報システムはこの情報共有データベースシステムのみに対して接続を行うスター型の構成とし、各情報システムは、統一的なプロトコル(通信方法や手順、通信内容のフォーマット)にて情報共有データベースシステムとやりとりを行うこととした。図3.2のように、各システムがそれぞれ別個に接続方法を持ち、相互に接続する場合、 n 個のシステムが存在する場合は接続の数は $n \times (n-1)$ となる。この場合、さらに一つ新たに情報システムを接続するようになった場合、既存の各システムと新たなシステムとの間に接続が必要になる。現実には既存のシステムの修正を行えないことも多く、数が多くなると系全体が破綻する。本アーキテクチャでは図3.1のようなスター型の構成とすることで、管理すべき接続の数を減少させるとともに、新たなシステムの参加に対し、既存のシステムを変更する必要が無い構成となっている。

このように本アーキテクチャでは各種システムが情報をやりとりすべき方式を各種システムは、ネットワーク上の共通のプロトコルを用いて連携する。共通プロトコルを直接扱うシステムでなくとも、既存のシステムに共通プロトコルとの変換モジュールを置いたものでも良い。実際に既存のシステムを接続する場合には、既存のシステムと共通プロトコル間の変換モジュールを置くのが現実的であろう。既存システムの入出力と共通プロトコルを変換するモジュールの作成を支援するツールを用意することで、既存システムの接続はさらに容易になる。また、逆に情報共有データベースシステムを規定するものも共通プロトコルを扱えることのみである。つまり、共通プロトコルの解釈さえ行うこ

とができれば、情報共有データベースシステムは各種システムと同じコンピュータ上で動作していても、地理的に離れた分散した複数のコンピュータ上で分散して動作しても構わない。実際に大規模な接続を行う際には、図 3.1 をそのまま実装した単純なスター型の構成では、故障時や通信分断時のロバスト性の確保の点などで問題があるが、情報共有データベースシステム側を P2P(Peer-to-Peer、接続の方式を統一して、多対多のシステム間接続を行なう方式)化するなど、データの分散管理や多重化を行うことでロバスト性を確保することができる。この場合でも各種システムの変更の必要は無い。なお本構成では、情報を提供システム、情報を取得するシステム、統計等の分析を行うシステム、シミュレーションを行うシステム、ビューワ等、さまざまなシステムをすべて同一のプロトコルで接続する。それにより単なる情報の共有だけではなく、共有した情報をもとに、分析、集計、被害想定等を行なうシステムを逐次追加することが可能である。また、その結果も同様に共有し、各システムで参照することが可能である。

3.4.2 減災情報共有プロトコル

本アーキテクチャでは、各情報システムと情報共有データベースシステム間のプロトコルを定めている。プロトコルの設計にあたり可能な限り現存の ISO 等ですでに標準化され広く使われている規格を採用し、現存のシステムや今後作成されるシステムとの親和性を高めることを目指した。標準の採用は既存のツール等をそのまま利用できるという利点があり、災害以外の目的のためのシステムとの連携や応用が期待できる。平常時に利用されていないシステムを災害時に利用することは、習熟度の面からも困難なため、平常時に利用されているシステムとの連携も考慮に入れ、災害のみでない一般的な情報共有が可能となるよう設計した。また、センサーシステムのような、大きな計算能力の期

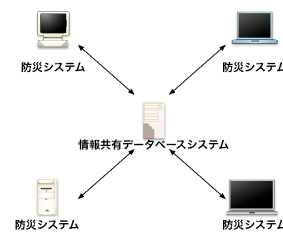


図 3.1: 構成 1

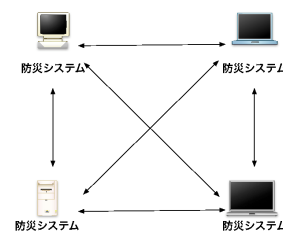


図 3.2: 構成 2

待できないシステムでも扱えるようシンプルさを保つよう努めた。

本研究で提案するプロトコル MISP (Mitigation Information Sharing Protocol) は、WFS (Web Feature Service) という Web 上で XML (Extensible Markup Language) で表された情報を検索するための規格をベースとしたプロトコルである。XML 自体が階層構造を持つ言語であるため階層構造を持つデータを扱うのに向いている。また、XML の特徴として XML Schema というデータ構造の記述方法があり、これを用いてデータ構造記述が可能である。地理表現、時刻表現には GML (Geography Markup Language) という地理および時刻を表現する XML ベースの世界標準規格があり、MISP では地理、時刻の表現にはこれを採用し、地理情報等の前節で挙げたデータ表現をカバーできるようにした。基本的にはこれらの規格をそれらをそのまま採用し、必要と思われるところを拡張し、策定した [25]。

図 3.3 に MISP で扱う機能を、図 3.3 にデータ登録の例を示す。MISP で取り扱う機能は、一般的なデータベース管理システムで扱われる機能と、基本的には同じであり、データの入力、検索、修正、削除が主な機能となる。MISP が WFS と大きく異なる点は、保存するデータの型を実行時に XML Schema によって定義、登録し、構造を共有化することができる点である。このため、運用時にシステムを停止させずに更新が可能であり、システム統合作業時等に、情報を共有するシステム間で共通の、災害等の情報を記述したデータ形式（以下スキーマ）を追加・修正してリアルタイムにテスト・修正することが可能である。スキーマを固定せず、動的に変更可能としたことにより、今後、防災・減災研究による、より良い情報共有スキーマが提案された場合にも、プロトコルや情報共有データベースシステムの実装を変更することなく対応することができる。

3.5 提案アーキテクチャの評価実験

実際にシステム統合を行うことで提案アーキテクチャの評価を行った。評価に先立ち、実際に情報共有データベースシステムおよび接続ツール群の実装を行い、防災関連情報システムの統合実験を行った。

3.5.1 コアシステムの実装

情報共有データベースシステム DaRuMa

情報共有データベースシステムの実装の一つとして DaRuMa (DAtabase for Rescue Utility MAnagement) を作成した。DaRuMa の特徴は以下のとおりである。

- 大規模データ
内部で、データの保持に広く利用されて

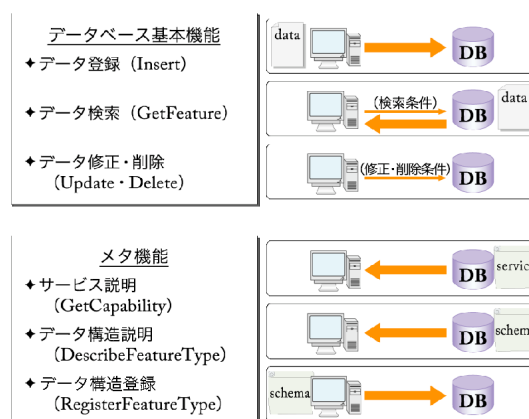


図 3.3: MISP の機能

```
<misp:Transaction xmlns:misp="http://www.infosharp.org/misp"
  xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml">
  <misp:Insert xmlns="http://www.aist.go.jp/test/">
    <サンプル>
      <報告時刻>2000-01-01T01:00:00.000+09:00</報告時刻>
      <発生時刻>2000-01-01T02:00:00.000+09:00</発生時刻>
      <場所>
        <gml:Point>
          <gml:coordinates>139.0,35.0</gml:coordinates>
        </gml:Point>
      </場所>
    </サンプル>
  </misp:Insert>
</misp:Transaction>
```

図 3.4: MISP での通信の例 (データ登録)

おり実績のある MySQL (オープンソースソフトウェアのデータベース管理システム) を用いており、大規模データを安定かつ高速に検索・操作できる。

- マルチプラットフォーム
Java によって記述しており、MySQL と Java の動作する複数のプラットフォーム (Linux, FreeBSD, Windows など) で動作可能である。
- 動作環境
ノート PC 等の比較的非力なマシン上でも動作する。
- フリーソフトウェア
オープンソースソフトウェアとして公開

しており自由に使用できる [26, 27].

接続支援ツール群

災害を軽減化するには多数の機関が協力して情報を共有する必要がある。通常、災害関連機関はすでにそれぞれ独自にシステム化を行っており、これら既存システムに対し、いかに少ない追加、変更にて情報を共有化できるようにさせられるかが重要となる。接続支援ツール群の開発においては、複数の機関で個別に開発されたシステムを短期間で比較的容易に接続できることに留意して開発を進めた。また、これら接続支援ツール群を DaRuMa と同様フリーで公開した。作成した接続支援ツールは以下のとおりである。

- CSV 接続ツール

CSV ファイルを入出力として、それを MISP に変換して接続を行うツール。CSV ファイルで入出力を行うことができるシステムを MISP によって接続することができる。既存のシステムに CSV での入出力機能を追加することで情報共有データベースシステムに接続できる。

- XML 接続ツール

XML ファイルを入出力として、それを MISP に変換して接続を行うツール。XML ファイルで入出力を行うことができるシステムを MISP によって接続することができる。

- スキーマエディタ

スキーマをグラフィカルに作成するツール (図 3.6)。本アーキテクチャで採用している XML Schema での構造記述は、複雑な情報構造でも記述でき、厳密さの要求されるコンピュータでの処理に適しているが、その反面コンピュータに詳しくないユーザには記述が困難な場合がある。本ツールは、XML Schema 等の技術に詳

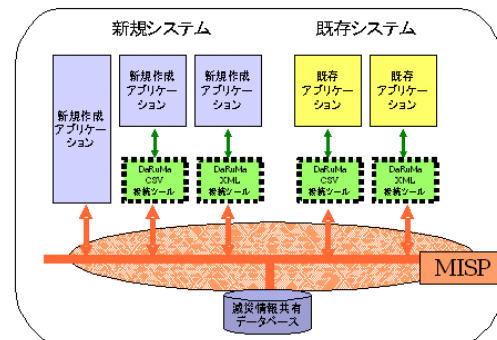


図 3.5: 接続支援ツール群を用いたシステム統合

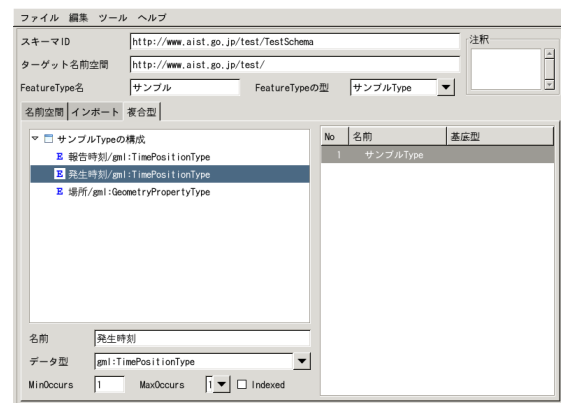


図 3.6: スキーマエディタ

しくないユーザでもスキーマを構築することができる。

これらツールを用いることで、既存のシステムをそのまま、もしくは CSV, XML を入出力とするよう拡張するだけで、MISP による通信が可能となる (図 3.5)。

3.5.2 実証実験

科学技術振興調整費「危機管理対応情報共有技術による減災対策」[28] にて、災害に関連する各種情報システムを本アーキテクチャにて連動させるシステム統合を行った。このプロジェ

クトでは、見附市、豊橋市にて実証実験を行い、災害救助対策の主体となる自治体の関係部署に加え、電力、ガス会社などのインフラ企業、避難所や市民の活動などを支える各情報システムを連携させ、さらに県や国などへの情報伝達を一貫して行うシステムの統合を試みた。実証実験により、システム連携が実際に災害に対して有効であるか、また統合システムの構築が容易であるかを確認した。

見附実証実験

2006年10月27日に新潟県見附市役所にて、水害を対象として防災、減災に関わる多数の機関、多数の各種情報システムを本アーキテクチャによる情報システム統合を行う実証実験を行なった。本実験では、市役所の複数の関係部署および消防・警察と、電力・ガスなどのライフラインの情報を DaRuMa を介して統合し、相互に情報を共有することを試みた。同時に、災害ボランティアなどからの携帯端末を使った通報や水位観測センサからの自動通報なども統合し、災害対応にあたる職員が災害対応活動に専念できる統合システムを構築した(図3.7)。

本実証実験により統合したシステムやデータは以下のとおりである。

- 減災情報共有データベースシステム
共有のコアとなるデータベースシステム DaRuMa (産業総合技術研究所, 防災科学技術研究所)
- 災害対応管理システム
自治体の災害対応業務を扱うシステム (防災科学技術研究所)
- 消防庁情報共有システム情報通信研究機構の運用している研究開発テストベッドネットワークである JGN-II (Japan Giga Network II), 新潟県情報ハイウェイ, 消防庁の設置した無線 LAN の各ネットワークを用いて消防庁から見附市まで接続し、

災害情報を集計した結果を取得するシステム (消防庁)

- 災害情報可視化システム
災害対策本部等のために、現在状況を地図上にグラフィカルに表示するシステム (東京大学竹内研究室)
- 携帯端末システム
携帯端末を用いて画像情報、位置情報を登録するシステム (東京大学竹内研究室)
- 水位情報収集システム
現在水位の情報を自動的にデータベースシステムに登録するシステム (東京大学竹内研究室)
- 交通シミュレーションシステム
浸水による通行不可道路を反映した交通シミュレーションを行うシステム (産業総合技術研究所)
- 避難誘導シミュレーションシステム
住民を避難させるための安全な経路をシミュレーションによって提案するシステム (安全・安心マイプラン)
- 災害ナビゲーションシステム
水位情報を監視し、防災体制の発令が必要になった際に自動的に発令を促すシステム (NTT アドバンステクノロジー)
- ガス情報システム
ガスの供給停止区域情報を登録するシステム (東京ガス)
- 電力情報システム
停電区域情報を登録するシステム (東北電力)
- 広報支援システム
WebGIS によってマスコミに対し情報提供を行うシステム (工学院大学)

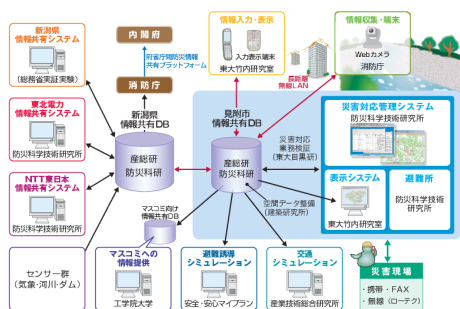


図 3.7: 見附実証実験全体図

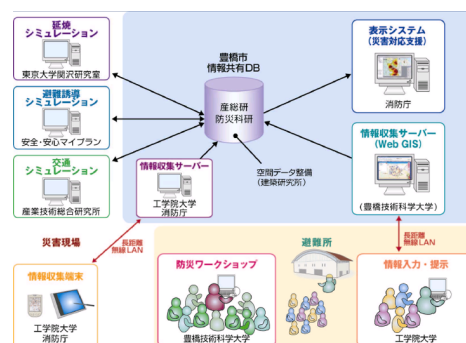


図 3.9: 豊橋実証実験全体図

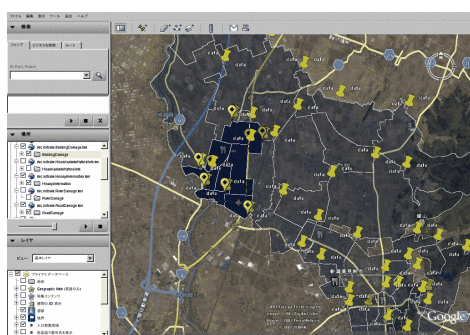


図 3.8: 見附実証実験結果

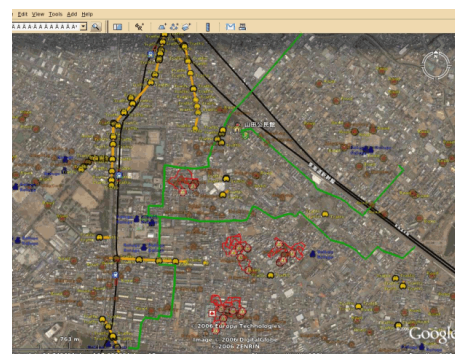


図 3.10: 豊橋実証実験結果

- 新潟県情報共有システム
長岡市，三条市，柏崎市，見附市の情報を集計するシステム（総務省実証実験）
- 基盤データ
全体で共有するための基盤地図データ（建築研究所）

図 3.8 は共有された情報を表したものである。浸水域や停電区域，崖崩れ地点や被害写真等の各情報システムで入力された情報が他の各情報システムでも共有できる。

実証実験後に市役所職員へ評価のための聞き取り調査を行い，水防，河川現況など最新の被害情報の収集・共有の点で有用であるとの評価を得た [29]。

豊橋実証実験

2006 年 11 月 12 日に愛知県豊橋市にて，地震を対象として多数の各種情報システムを DaRuMa を介して統合した。本実験では，避難所に集まる市民からの膨大な情報を DaRuMa を使って整理・統合し，それらの情報を元に，火災延焼や交通渋滞予測，避難経路探索などを行い，災害対応行動を円滑に進めるのに有用な情報提供を行うことを試みた (図 3.9)。

共有された情報を表示したものを図 3.10 に示す。

本実証実験により統合したシステムは以下のとおりである。

- 情報共有データベースシステム
共有のコアとなるデータベースシステム DaRuMa（産業総合技術研究所，防災科

学技術研究所)

- 広報支援システム
WebGIS によってマスコミに対し情報提供を行うシステム (工学院大学)
- 避難所システム
避難所にて市民を対象に情報の共有を行うシステム (豊橋技術科学大学)
- 火災延焼シミュレータ
火災のシミュレーションを行い、今後の時刻ごとの予想延焼範囲を計算するシステム (東京大学関沢研究室)
- 情報提示システム
災害対策本部、住民に対して情報を表示するシステム (消防庁)
- 交通シミュレーションシステム
道路状況を反映した交通シミュレーションを行うシステム (産業総合技術研究所)
- 避難誘導支援システム
火災の情報を考慮した避難経路を提案するシステム (安全・安心マイプラン)
- 長距離無線 LAN
ネットワークが断絶した際でも利用できる、無線を用いたネットワークシステム (消防庁)

見附市実証実験と同様に実証実験後に市役所職員へ評価のための聞き取り調査を行い、実験で提案された仕組みは行政機関等が行う情報収集と合わせ有効な手段となりうるとの評価を得た [30]。また、本実験では DaRuMa を非力なノート PC 上で稼働させることで、負荷に十分耐えられるか確認した。数万件のデータが登録され、その情報を各システムで取得したが、十分な速度が得られ、本アーキテクチャ上で全体としてのシステムが有効に働くことを確認した。

3.5.3 共有情報を利用したシミュレーション

本アーキテクチャでは被害情報の共有だけでなく、より進んだ減災対策としてシミュレーションを全体システムに組み込むことができる。シミュレーションを利用することで、二次災害による被害の予測や各種救助計画の効果を推定し、計画立案を支援することが可能となる。シミュレーションはその性質上、初期条件に結果が大きく左右されるため、利用する場合は十分に現実に即した設定を行う必要がある。従来は個々のシステムが独立していたため、収集された被害情報などをシミュレーションに反映することが困難であったが、本研究で提案する分散アーキテクチャに基づいたシミュレーションシステムを構築することで、この問題点を解消することが可能である。

豊橋市実証実験では、さまざまな情報が入力され、保持される情報共有データベースと複数のシミュレーションシステムを接続し相互に情報を参照することで連携させ、シミュレーション結果を共有した。実験での情報の流れを図 3.11 に示す。

- 延焼シミュレーションシステム
現地から報告された出火情報などを初期設定とし、延焼予測を行う。
- 避難シミュレーションシステム
道路被害情報、延焼シミュレータによる火災による危険道路予測、避難の出発地・目的地などの設定を情報共有データベースから取得し、避難に適した経路を解析する。
- 交通シミュレーションシステム
道路被害情報、避難経路を取得し、それらの道路の通行に制限がある設定でシミュレーションを行い、渋滞・混雑が発生すると予測される道路を予測する。

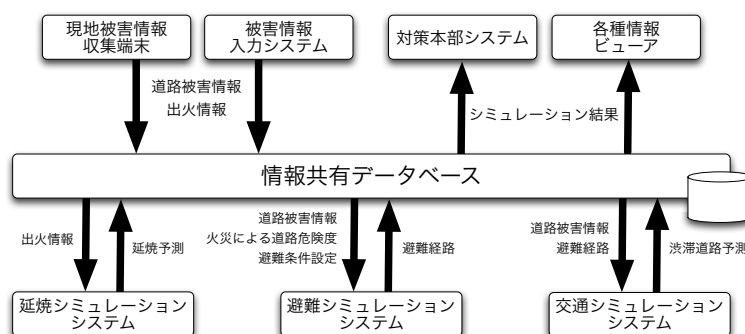


図 3.11: 各種シミュレーションシステムと情報の流れ

図 3.12 に道路被害情報の有無による交通シミュレーション結果の変化の例を示す。この例では、主要な道路の閉塞が報告されており、被害情報がある場合の結果では周辺の道路に渋滞が発生している。各種シミュレーションシステムは、条件となる情報を情報共有データベースから取得するだけでなく、シミュレーション結果を情報共有データベースに出力する。これにより、シミュレーション結果を対策本部のシステムなどで被害情報とともに確認することや、別のシミュレーションシステムで利用することが可能となる。

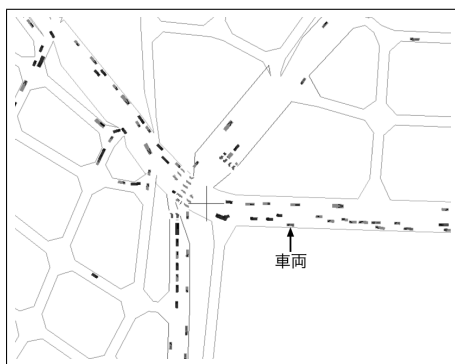
3.5.4 システム統合開発評価

見附実証実験、豊橋実証実験共、多数の機関が参加し、多数のシステムを本アーキテクチャ上で統合させた。これまでの災害情報共有では、システム統合においては、データ構造の摺り合わせや結合テスト等多くの作業が必要になるが、本アーキテクチャを用いることで複数の機関での情報の表現法を共通化することができ、それぞれ一つの形式での接続のみで情報を共有することができた。また、10以上の機関での情報共有であったが、見附、豊橋共、数回の打ち合わせによる比較的短時間でシステム統合を実現することが可能であった。データ構造を運用時にランタイムで、厳密な形で登録できること

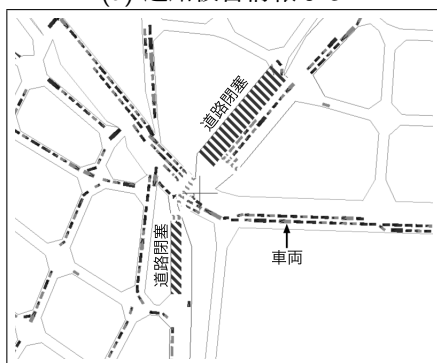
や、プロトコルをシンプルに保ったことなどにより容易にシステムを結合できた。打ち合わせでは開発者が集まり、ノート PC を持ち込んでデータ構造の摺り合わせや結合テスト等を行ったが、この際 XML, XML Schema の特徴である、データ構造が定義可能かつ可読、検証可能という特徴は、接続においてデータを入力する側、入力されたデータを参照する側ともにテストやデバッグなど開発に際し非常に有効であった。

3.6 まとめと今後の課題

本研究では防災に関わる各種情報システム連携に適したアーキテクチャを提案した。見附市実証実験、豊橋市実証実験共、多数の機関が参加し多数のシステムを本アーキテクチャ上で統合させることで、必要な情報を表現可能であり実際に共有可能であることやシステム統合の容易性を確認した。またこの実験では、共有されたデータをもとにしたシミュレーションを行なうといった高度な連携を行った。このような分析は、これまで特定のシステムに組み込まれる形で扱われてきたものであるが、本アーキテクチャではシミュレーションや分析といった機能を、組織を越えて提供することができる。近年、Web 上でさまざまなサービスを提供され、マッシュアップという形で組み合わせて使われているが、本アーキテクチャはこのような、シ



(a) 道路被害情報なし



(b) 道路被害情報あり

図 3.12: 道路被害情報の有無による交通シミュレーション結果の変化 (豊橋市高師口付近)

ミュレーションや分析等の高度なサービスをも共有することにより、創発的でより高度な情報共有への道を拓くものである。

今後の課題としては、防災分野の統一的、網羅的な情報スキーマの策定が必要である。この中には災害自体の情報だけでなく、シミュレーション、分析、集計など防災・減災に関する機能的な情報も含まれ、災害、情報科学双方に関わる総合的、実用的なものが必要である。本アーキテクチャはこの情報スキーマの重要性に着眼し、重きを置いたアーキテクチャとなっているが、防災・減災情報の実際の表現についてはまだまだ多くの議論が必要である。今後、統一的な情報の表現が策定されていくことが望まれる。

第4章 防災共有情報スキーマの策定

災害時には、あらゆる災害対応情報がやり取りされている。しかし、災害対応実施機関は各種情報システムを整備しているが、他機関との情報共有を考慮したデータ構造になっていないために円滑な情報共有が行なわれていない。本研究では、災害対応の一例として水害に焦点を当て、水害対応に関する業務と情報を分析し、情報項目の体系化を試みた。さらに、XMLを用い、他機関と災害対応情報を共有することを目的としたデータ構造(XMLスキーマ)の設計方針・手法を提案し、スキーマを構築した。提案スキーマは、共通情報をまとめた基本スキーマと個別情報をまとめた応用スキーマで構築されているところが特徴である。また、水害対応経験がある新潟県見附市で行なった実証実験で使用し検証された。実証実験は、2004年新潟福島豪雨災害の事象を踏まえたシナリオに合わせ、参加7機関・協力11機関の参加のもと13種類のXMLスキーマに沿ったデータを複数の情報システムとネットワーク越しに情報共有を試みた。XMLスキーマの評価は、見附市職員へのアンケート調査で災害対応業務の実効性の側面から回答してもらい、情報共有が円滑に出来ており有用であるとの評価を得た。また、XMLスキーマを実際に情報システムで扱った参加機関の担当者に対してもアンケート調査し、課題はあるものの、必要な情報を共有できたとの評価を得た。

4.1 はじめに

災害発生直後の応急活動、復旧・復興など、あらゆる災害活動に関して自助・共助の果たす役割は極めて大きいことから、行政のみならず、住民、ライフライン企業、災害対応実施機関等、様々な機関が協調して災害活動に参加できる社会の実現が求められている。それには、行政機関と災害対応実施機関等での確かな情報を迅速かつ確実に流通できるようにすることが必要である。このような枠組みでは、情報システムが重要な役割を果たすと考えられる。

中央防災会議は、平成14年に防災情報の共有化に関する専門調査会を設置し、専門家による検討を重ねた結果、平成15年3月に、防災情報システム整備の基本方針を決定した[12]。すべての災害対応は情報に基づいて行われることから、災害時の時間的・空間的空白を埋め、効

果的な防災対策を行うために情報の共有化が不可欠である。そこで、各防災関係機関の組織を横断的に防災情報システムで連携させる防災情報共有プラットフォームの構築が提言されている。内閣府ではこの方針に基づいて、省庁間の防災情報共有プラットフォームの構築を行っている。

一方、中央防災会議の基本方針に従い、災害対応の中心である地方自治体に焦点を当て、災害時の情報の共有化を実現させる研究として、平成16年7月より文部科学省科学技術振興調整費・重要課題解決型研究の研究プロジェクトとして「危機管理対応情報共有技術による減災対策(研究代表:後藤洋三, 責任機関:(独)防災科学技術研究所)」が開始され、減災情報共有プラットフォームを提唱した。本研究は、このプロジェクトの一環として行なわれたものである。各機関でデータ基盤の整備が進むなか、空間データの

生産者・管理者と利用者を結ぶ手段としてデータ構造の共通化・整備は欠かせない。その代表例として、インターネットの急速な浸透により、各機関においても XML[31](Extensible Markup Language: 拡張マークアップ言語) によるデータ交換のための標準化の取り組みが進んでいる。この XML の標準化の鍵を握るのは、XML スキーマ (以下、スキーマとする) の策定である。既にいくつかの組織からは業界標準となりうるスキーマが提案されている [32, 33, 34, 35]。それらの中には、災害に関する項目はあるものの、自組織内のシステム間でのデータ交換を目的として設計されており、他機関との情報共有を考慮したスキーマは提案されていない。そこで本研究では、災害対応実施機関の間で横断的に情報を共有することを前提としたスキーマの設計方針と手法を提案し構築した。

本研究では、スキーマの設計対象は、本プロジェクトの実証実験で対象とする水害対応に関する情報とした。最初に災害情報の共有を目的とした既存の防災情報システムの機能を調査した。次に、防災情報システムで扱われる情報項目や、参考になりうるデータ構造、実際の災害対応を経験した自治体の業務 (情報項目) の特徴からスキーマの設計対象を導出し、水害対応に関する情報項目を整理し、意味的にグループ分けを行った。これらを参考に設計の基本方針を決定し、スキーマの設計手法を提案し構築した。新潟県見附市で行った実証実験 [36] では、想定される災害対応実施機関のシステムとの間で、提案したスキーマに沿った様々なデータをやり取りし、災害対策本部や他の災害対応実施機関との間で有効に情報共有できることを評価した。

本研究で設計されたスキーマは、「防災関連 XML スキーマ公開ページ」にて公開している [37]。

4.2 目的と課題

近年、大規模な災害を経験することが多くなり、被災時の迅速な救済活動が求められている。災害対応の場へは、被災地の自治体・都道府県・国・消防・警察・自衛隊等の機関が参画する。各機関はその責任を果たすために必要な情報を収集・管理し、上位機関に報告し、協定先と情報交換する [38]。浅野らの調査によると、災害情報伝達手段には、主に電話 (FAX を含む)・防災無線・メモ等が用いられていると報告されている [39]。これでは、求められる迅速な救済活動は期待できない。災害対応実施機関では、その対策として、防災情報システム等のインフラの整備を行なっている。この動向は、国や自治体だけにとどまらず、ライフライン企業等の機関にまで及んでいる。

これまで設計された防災情報システムとデータ構造は、自組織内での情報共有を念頭に設計されており、不特定多数の他機関との情報共有を考慮した設計にはなっていない [40]。そのため、ひとたび災害が発生すると、各組織が有効な情報を持っているにもかかわらず、情報共有が行なわれず、災害対応が遅れるという問題が指摘されている [41]。これら有効な情報が各機関で共有出来れば、迅速な災害対応が期待できる。しかし現実には、共有される情報のデータ構造の未整備の問題によって、情報共有が出来る環境にはないのが現状である。そこで本研究では、災害対応時に必要な情報を共通なデータ構造に載せて情報共有するためのスキーマの設計手法を提案し、スキーマを構築した。また、情報共有のための実証実験により、構築したスキーマの有効性を評価した。

4.3 関連事例

米国では、災害発生時に対応を指揮する組織 (緊急事態管理オフィス) の制度を持っている。緊急事態管理オフィスは、緊急事態の状況、リ

ソース、進行中の対策活動についてのデータを収集・駆使して、災害への対処を進めている。これまでの緊急事態管理オフィスは、様々な種類のソフトウェア・プラットフォームを使用してデータを管理しているが、そのシステムのほとんどはスタンドアロン・システムであり、他の機関や政府の間でデータを共有することが容易ではない。この点は、日本と似た状況である。そこで2003年より、オープン・スタンダードの標準化組織であるOASISで、緊急事態管理技術委員会(Emergency Management Technical Committee)を組織し、多様な緊急事態情報システム間の相互運用性を確保するフレームワークを提供するXMLベースのオープン・スタンダードの設計・開発・リリースを進めている[42]。

この委員会では、OASIS標準として、以下の3つの標準を公開した。

- CAP (Common Alerting Protocol 共通警報プロトコル) v1.1 (2005.8)[43] 多くの異なる警報システム上で、一貫した警報メッセージの同時配信が可能になり、警報作業を単純化しながら、より効果的に警報を伝達することができる。
- EDXL-DE (Emergency Data Exchange Language (EDXL) Distribution Element 緊急事態データ交換言語 分散要素) v1.0 (2006.5)[44] 緊急事態情報システム間のデータ共有用の標準メッセージ配信フレームワークである。作業、物流手配、計画及び財務をサポートする広範囲な緊急事態データ交換標準用の統合フレームワークで、EDXL-DEの本体部分でCAPが利用されている。
- EDXL-RM (Emergency Data Exchange Language (EDXL) Resource Messaging 緊急事態データ交換言語 資源通信) v1.0 (2008.1)[45] 非常事態時に緊急設備、補給品、人や組織の供給の情報を、他の情報シ

ステム間でデータ共有するためのフォーマットである。

EDXL等では異なる種類の情報を同じスキーマを使い共有する設計となっている。一方、本研究が提案するスキーマは、分類された異なる種類の情報ごとにスキーマを定義し、スキーマ自体に意味を持たせている点が特徴である。これら標準は、本研究で提案するスキーマの情報項目と類似点は多いものの、日本の災害対応の特徴を考慮すると、以下の点を考慮したスキーマにする必要がある。

1. CAPの使用目的は警報等の発令日時が明確な情報を扱うため、一意の[dateTime]フォーマットで表現する事ができる。しかし、被災の事象や予定時刻のように日時が曖昧であるような表現の考慮がなされていない。この表現は、日本では頻繁に用いられており、考慮すべき課題である。
2. 扱われる情報にはキャンセルが定義されている。しかし、日本の災害対応実施機関では、登録される情報はキャンセルされることはない。たとえ、キャンセルされるべき情報(間違った情報)であっても、情報業務上では、正誤関係なく登録(報告)された情報として扱われている。
3. CAPの<area>情報では、警報対象エリアを示す情報項目が示されているが、GIS表示に使うポイントとラインの取り扱いが含まれていない。例えば、日本では道路陥没域・地点に対する警報にポイントやラインが用いられる。
4. EDXL-DE/RMは、<contentObject>で囲まれた(複数)部分が報告情報であるが、中身が何であるかは内容を読まないと理解できない。これは、コンピュータで意味的に分別するには難しい構成である。また、MIME的な扱いで複数の異なる情報を収容することができる。しかし、日

表 4.1: 防災情報システムと機能例

自治体	システム名	機能	GISの有無
兵庫県	フェニックス防災システム	気象観測情報収集, 被害予測, 被害情報収集, 地図情報, 映像情報, 災害対応支援 等	有
千葉県	総合防災情報システム	県民との情報共有, 被害情報処理, 職員参集機能, 映像処理, 災害対策調整, 実況監視処理, 気象情報収集	有

本の災害対応実施機関では、送られてくる情報は1事象としてカウントされ、異なる内容が含まれると対応が複数となり、(情報)1対(対応)nの関係となり業務処理にそぐわない。

例)EDXL-RMの例では、小動物の避難物資の要請、ヘリコプターによるパトロール、電力復旧と異なる3つの情報が1つの情報として示されている。

4.4 災害情報共有のための防災情報システムと機能

スキーマを設計するにあたり、まず、既存の防災情報システムの機能について調査する必要がある。

兵庫県南部地震以降、地方自治体では兵庫県のフェニックス防災システムに代表されるような防災情報システムが構築されている。この理由の1つに、南部地震時での初動体制確立時における情報収集の遅れがあると考えられる。構築されている防災情報システムは、情報収集・共有のほか、被害推定や意思決定に使われる機能を有しているものが見受けられる。表4.1は、都道府県における防災情報システムの機能の一例をまとめたものである。

必要とされる防災情報システムの機能は様々であり、そこで取り扱われる情報項目も多種多様であることが伺える。しかし、被害情報の収集や災害対応支援、GIS(地理情報システム)の地図情報等は、共通な機能として備わっている。

4.5 地方自治体の災害対応活動における情報共有項目

4.5.1 防災情報システムで扱われる防災情報項目

地方自治体の防災情報システムで収集される情報は、地域性と目的を考慮して様々なものが収集されている[46, 47]。その一例として、千葉県総合防災情報システムで扱われる防災情報項目を表4.2に示す[48]。

このように様々な情報項目が挙げられるが、全ての情報項目についてスキーマを設計することは難しい。そこで本研究では、研究プロジェクトで実施する実証実験でテーマである水害対応に関する情報項目について検討し提案する事とした。

4.5.2 水害対応に関する情報項目

災害の初動対応では、間接的・部分的な調査で把握した被害情報をもとに全体の状況を推測し即時的な対応行動をとることが求められる[49]。それゆえ、初動対応の場合は、推定値の精度(確度)より概略的でも迅速な推定情報が優先される。

水害対応に関する情報項目であっても、その災害対応実施機関によって取り扱う項目が異なる。例えば、河川管理を行なっている国土交通省では、河川情報システムの中で取り扱う情報のスキーマを定義している[32]。主な特徴は、観測データや河川の構造に係わる情報を定義していることである。一方、自治体では、人的・建物等の被害情報や住民の避難情報等、住民対応の情報項目が目立つ[49]。このような特徴を

表 4.2: 千葉県総合防災情報システムで扱う防災情報項目の例

情報種別	情報の入手先	情報項目
気象情報	気象庁 (L-ADESS), 日本気象協会, 県水防テレメータ	注警報最新, 注警報発表履歴, 注警報本文, 天気予報, 地域時系列予報, アメダス分布図, アメダスグラフ, アメダス一覧表, 降水短時間予測, 監視用レーダーエコー, 台風情報
地震情報	気象庁 (L-ADESS), 計測震度計, 県水震度情報ネットワーク	震源情報一覧, 震源情報, 震度分布図, 震度情報一覧 (気象庁), 地震・津波情報一覧, 地震・津波情報電文内容, 津波注警報, 震度情報一覧 (全国), 震度分布図 (全国), 震度情報一覧 (県), 震度分布図 (県)
物資管理情報	支庁, 土木事務所, 市町村	倉庫別紹介, 倉庫一覧, 物資保有倉庫検索, 検索物資, 物資状況一覧, 備蓄物資管理状況一覧, 管理数量入力, 管理物資登録・変更, 物資一覧, 倉庫登録, 物資登録, 流通在庫備蓄紹介・登録, 市町村一覧, 住所一覧, 字一覧
地図情報	支庁, 各情報担当部署, 市町村	地図メイン画面 (県域の地図), 災害地点登録, 災害詳細情報表示, 支援詳細地図, 支援詳細情報
災害情報	支庁, 土木事務所, 市町村	災害報告, 報告状況, 被害状況分布図, 災害地点図, 県集計報, 災害年報

考慮して、以下に述べる資料等から水害対応の活動に用いるであろう情報項目を抽出した。

本プロジェクトの中で外間らは、災害対応活動を体験した幾つかの地方自治体を調査し、13 の情報に分類した共有データベースを作成している [28]。本研究では、本資料の情報項目の他、NMDA 電子申請フレームワーク、道路用 Web 記述言語等の既存のスキーマと情報項目を参考にし、水害対応に必要なとされる情報の中から、災害対策本部等での発令・指示・連絡・応答・人的被害・都道府県報告・規制・被害・避難所・ライフライン情報等をスキーマ構築対象とした。

4.6 災害情報記述言語としての XML

4.6.1 XML 文書を用いる理由

XML は、W3C(World Wide Web Consortium) により、1998 年に規格が策定されたデータ記述言語である。XML で記述されたドキュメントは、任意のテキスト エディタを使って表示および編集でき、また一般的に理解も容易である。現在では、システム間のデータ交換に広く使われている。従来は、特定のシステム間でのみ理解できるデータ形式でデータ交換されていた。

一方、XML はもともと文書の構成要素に「タグ」と呼ばれる特定の文字列で地の文に構造を埋め込み、何らかのプログラムが文書进行处理できるようにするために生まれた仕様である。そのため、OS やアプリケーションの壁を超えてデータを交換することが可能になる。その他、XML を使う理由は、データを第三者に渡すときにその構造を明示するためである。これまでのデータ形式 (CSV ファイルなど) では、そのような情報はユーザが準備しなければならなかった。しかし、XML を使ったデータにすることで、言語側で構造の定義方法を用意し、第三者にその構造を明示することが可能になる。XML 形式は、一般にデータ量が多くなる問題が指摘されるが、属性を可読性の高いかたちで追加でき、意味情報を与える事ができる利点がある。例えば、1 つの情報に対して意味が数種類ある場合には、従来はドキュメント等に記す必要があるが、XML を使うことによりデータの意味を理解する事が可能となる。

4.6.2 災害情報のための XML スキーマの設計方針

災害現場でやりとりされる情報や業務を事象毎にスキーマとして設計すると、見る角度 (利

用目的)によって意味が一意にならないという問題がある。図 4.1 の例では、橋が壊れたという事象に対して、観察する 2 つの機関はどのように災害情報として捉えるかを示したものである。例えば、道路管理者は橋を道路と捉え、自治体関係者は橋 (避難路) として捉える。また、それに付随した報告情報も異なる事になる。このように情報を伝える機関の見る角度によって伝える情報が異なるため、事象 (災害情報) をスキーマという形でデータ構造を決定する事は難しいと考える。では、事象以外で何をキーに橋に関する様々な情報をまとめればよいのであろうか。この問題に対し、本研究では位置情報によってまとめることにより解決した。

一般的なスキーマの設計では、特定のシステム上でやりとりされる業務フローを洗い出し、個々の業務についてスキーマを決定する事がほとんどである。しかし、本研究が扱うような異なる機関／目的のシステムとの情報共有を想定すると、膨大な数の業務に対してスキーマが作成されるため、情報項目の重複や情報を意味的に統一させる事は困難である。さらに、仕様が異なるために各防災情報システムでデータを自動的に処理したり、受け取った者がすぐに理解することは難しい [50]。したがって、スキーマを作成するには一定の方針に従う必要があると考える。

以下にスキーマの設計方針を示す。

1. 情報共有されるデータを調べた結果、ほとんどのデータで共通性のある情報項目と、事象毎に異なる情報項目があることがわかった。そこで、共通するメタデータをまとめたものを基本スキーマ、各データ特有の要素を事象ごとにまとめたものを応用スキーマとして分類 (図 4.2) し、両者を組み合わせて 1 つの情報とする。
2. 基本スキーマは、E-mail でのヘッダに該当するような、誰が誰に何時どのような内容のものを送ったかわかる情報項目

をまとめたものである。更に、備考や添付資料等のように各データ上で共通的に利用が出来るものも基本スキーマとして採用する。

3. 応用スキーマは、個別の事象を表わす情報をまとめたもので、被害情報や避難所情報などをまとめたものとする。
4. 位置情報 (物や情報の発信元) は異なる機関間であっても普遍である。したがって、同じ位置から発信される被害現場等の情報は、位置情報をキーの一つにまとめることが可能となるし、それが建物であっても空間 (領域) であっても同じである。そこで本研究で設計されるスキーマは、必ず位置情報をもつオブジェクトとする。(一部のスキーマを除く)。
5. 災害情報で特徴的な未定・不明である事象をどう表わすかを考慮する。
6. 情報の確度は人や組織によって判断が異なるので、値による提示は行わない。
7. フォーマット化した情報のみがやり取りされるわけではない。自由記述的な情報の入力も許容する。
8. 災害対応時には、必要事項のみ報告したり、通報者から情報を十分に聞き出せなかったりする場合が多い。そこで、未入力項目を許容したスキーマとする。
9. 省略可能性や繰り返し回数など、記述情報の項目毎に決められる。

4.6.3 メタデータからの基本スキーマの設計

メタデータとは、データを効果的に識別・記述・検索するために、その特徴を記述したデータであり、データの作成者、作成期日や内容等

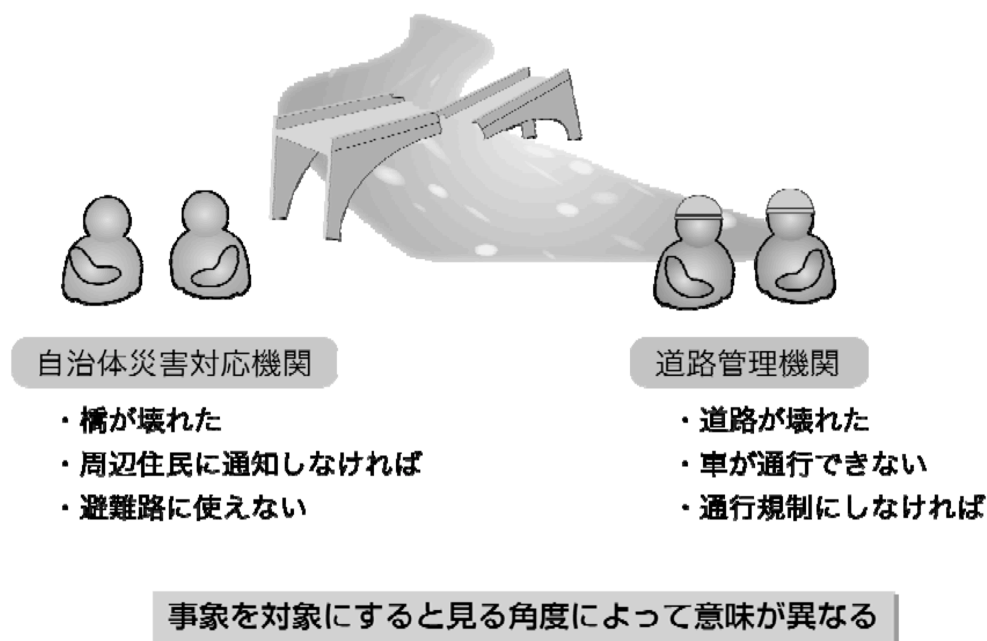


図 4.1: 見る角度によって意味が一意にならない例

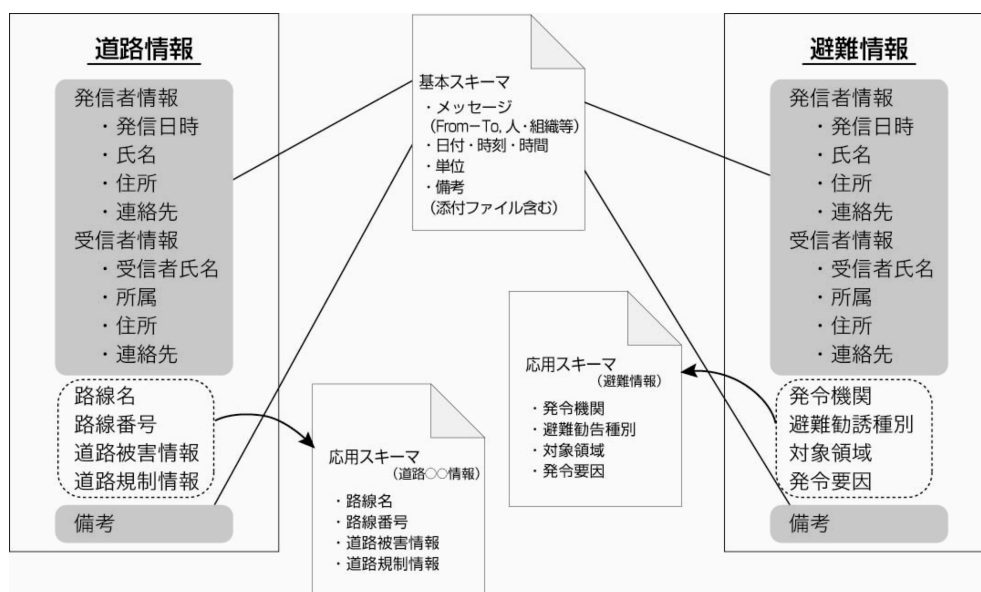


図 4.2: 基本スキーマと応用スキーマの利用例

の項目である。メタデータから基本スキーマを設計する際には、情報資源を組織化・管理する

という提供者側・管理者側の視点と、情報資源を探し、利用するという利用者側の視点を考慮

する必要がある。そこで、設計するにあたり、情報の提供者・管理者・利用者の立場である、見附市職員の以下の意見を参考に要件とした。

- 情報の作成者/管理者/責任元がわかること
- 何時の情報かがわかること
- 何処・誰に/から送られたものか
- 情報(概要)は何か
- 確認先・連絡先はどこか
- 情報の取り扱いに関する情報はあるか

次に、上記の要件の把握に必要なメタデータを、5.2で調査した水害対応に関する情報項目から抽出し、分類したものを表4.3に示す。

基本スキーマは、表4.3のメタデータを元に分類し、それらの一部から「備考注釈」、「添付データや画像等」、「人や組織」、「時間時刻」、「単位」、「場所」を表現したスキーマを作成した。これらスキーマと残るメタデータとを併せ、送るデータの発信元やデータの内容を記述した主体となる「メッセージスキーマ」を設計した。設計された各基本スキーマの概要と情報項目を表4.4に示す。各基本スキーマの詳細を以下に述べる。

メッセージスキーマ

メッセージスキーマは、送るデータの発信元やデータ内容を記述し、その他の基本スキーマを統合する主体となるスキーマとして用いる。あらゆる情報には、情報の作成者・管理者・責任元などが存在する。災害時には、あらゆる情報で溢れ、その結果、その情報が正しいのか否か？といった情報の確度がわからないことが問題となっている。また、いつ・誰に宛てられた情報なのか、重複した情報なのか、何処に確認・連絡すればよいのかなど、メタデータとして必

要とされる情報項目を選定する必要がある。さらに、共有されるデータは、あるものは自組織外で閲覧することが可能であり、あるものは自組織内でのみ閲覧が可能であるものもある。このようなデータを操作するためには、データの発信元を全てのデータに付加し、取り扱いを許可する組織を記述する必要がある。

本スキーマは他の特徴ある基本スキーマ(時間時刻・備考注釈・添付データ・発信者氏名組織)を取り込む事により、先に述べた必要要件を満たす事ができる設計とした。メッセージスキーマを設計するにあたり、検討した事項と、どのように解決したかを以下に示す。また、設計したメッセージスキーマを図4.3に示す。

検討した事項:

- 情報の確度を表現できる

[解決手法]

情報の確度は、その情報を発信した人・組織を示す事により信頼性を高める事が可能である。

例えば、公的機関が発信した情報であれば信頼性が高いといえるし、住民からの情報であれば、職員による再確認が必要であり、信頼性が低いといえる。そこで、発信者・組織の情報項目(必須)を加える。

- 情報の取り扱いに対する許可を示す

[解決手法]

取り扱いを許可する組織名(ID等)を記述する事により、受け手側で情報の取り扱いを管理できるようにした。但し、情報共有する組織名等をどのような記述(IDや文字)にすべきかは議論が必要であり、本提案スキーマでは定義しない。また、受け手側での取り扱い管理では、不正利用など制限が十分でない事が課題となる。しかし、情報共有の機関間では、公式な協定が結ばれることが前提条件と考えられ、

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xsd:schema xmlns="http://www.infosharp.org/schemas/dml"
  xmlns:misp="http://www.infosharp.org/misp"
  xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns:dml="http://www.infosharp.org/schemas/dml"
  misp:id="http://www.infosharp.org/schemas/dml/message.xsd"
  targetNamespace="http://www.infosharp.org/schemas/dml">
  <xsd:annotation>
  <xsd:documentation>
  </xsd:documentation>
  </xsd:annotation>
  <xsd:import namespace="http://www.opengis.net/gml schema"
    location="http://schemas.opengis.net/gml/3.1.1/base/feature.xsd"/>
  <xsd:import namespace="http://www.infosharp.org/schemas/dml"
    schemaLocation="http://www.infosharp.org/schemas/dml/note.xsd"/>
  <xsd:import namespace="http://www.infosharp.org/schemas/dml"
    schemaLocation="http://www.infosharp.org/schemas/dml/grouporperson.xsd"/>
  <xsd:element name="Message" type="MessageType"
    substitutionGroup="gml:Feature"/>
  <xsd:complexType name="MessageType">
  <xsd:sequence>
  <xsd:element name="timestamp" type="gml:TimePositionType" minOccurs="1" maxOccurs="1" misp:indexed="false"/>
  <xsd:element name="reportingNumber" type="xsd:string" minOccurs="1" maxOccurs="1" misp:indexed="false"/>
  <xsd:element name="from" type="dml:GroupOrPersonType" minOccurs="1" maxOccurs="1" misp:indexed="false"/>
  <xsd:element name="readableGroupOrPersonList" type="xsd:string" minOccurs="1" maxOccurs="1" misp:indexed="false"/>
  <xsd:element name="content" type="FeatureDescriptionType"
    minOccurs="1" maxOccurs="1" misp:indexed="false"/>
  </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
  <xsd:complexType name="FeatureDescriptionType">
  <xsd:sequence>
  <xsd:element name="featureId" type="xsd:string" minOccurs="1" maxOccurs="1" misp:indexed="false"/>
  <xsd:element name="propertyDescription" type="propertyDescriptionType" minOccurs="0" maxOccurs="1" misp:indexed="false"/>
  <xsd:element name="note" type="dml:noteType" minOccurs="0" maxOccurs="1" misp:indexed="false"/>
  </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
  <xsd:complexType name="propertyDescriptionType">
  <xsd:sequence>
  <xsd:element name="xpathOfProperty" type="xsd:string"
    minOccurs="1" maxOccurs="1" misp:indexed="false"/>
  <xsd:element name="valueOfProperty" type="xsd:string"
    minOccurs="1" maxOccurs="1" misp:indexed="false"/>
  <xsd:element name="additionalInformation" type="dml:noteType" minOccurs="1" maxOccurs="1" misp:indexed="false"/>
  </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:schema>

```

図 4.3: メッセージスキーマ

パスワード等は考慮しなかった。

- 報告情報を整理・関連付けできる

[解決手法]

報告番号として書類番号を記述できるよう項目を用意した。これにより、各機関からよせられる報告情報に、一意な番号を割当て、後に、コンピュータを使った整理等で有効なキーワードとすることが可能となる。

備考注釈・添付データスキーマ

災害現場で用いられるあらゆる報告や指示には、自由記述(備考)的な情報が付加されており、この記述を行なえる情報項目を用意する。本スキーマは、基本スキーマ・応用スキーマを問わず全てのスキーマに付加される可能性があるものである。

検討した事項:

- 自由記述や災害現場を詳細に伝えるために用いる資料や写真に対応する

[解決手法]

Base64 データに変換した写真のほか、電子書類等を添付できる構造とした。

発信者氏名組織スキーマ

誰が誰へ送った情報であるかを明確にするため、氏名・組織の他に連絡先住所や電話番号・メールアドレス等の情報項目を用意する。

検討した事項:

- 取り扱う情報は、組織からの情報発信が主であるため、組織の構造もわかるようにする

[解決手法]

上位/下位の組織名、組織長、メンバーを用意した。

- 時限組織 (災害対策本部等) の発足を考慮する
[解決手法]
組織設立・解散日時の項目を用意した。
- 個人情報の取り扱いを考慮する
[解決手法]
一般に人というスキーマを想定すると、組織人の他に個人 (家族等に関する情報項目が必要) も考えられるが、自治体では個人情報の取り扱いが厳しく、情報共有項目として不適切と判断し、項目から外した。

時間時刻スキーマ

災害時にやり取りされる時間時刻情報を整理すると、以下のような情報項目が頻繁に使われている。

例: 発生日時・設置日時・発表時刻・観測日時・覚知時刻、等々

これら日時を示す情報項目は、伝える人やタイミングによって正確な時刻や、曖昧な時刻、報告時刻を省略したりと、確度や意味が異なる情報となる。これらを XML 既存の時間データ型のひとつに統一してしまうと、意味情報を失うことになる。例えば、家屋が倒壊した情報を報告する場合、〇〇時に倒壊確認となるが、確認時刻は正確に報告できるものの、倒壊した時刻は曖昧であり、〇〇時頃のような意味の情報となるはずである。これら情報を1つのスキーマで表現すると、一意の情報となってしまう情報が欠落してしまうことになる。この問題を考慮し、複数の意味の時間時刻を考慮した。

検討した事項:

- 確定された時刻を表現する
[解決手法]
確定時刻を用意し、その日時が明確である場合に使用することを想定した。

- 部分的な時刻を表現する
[解決手法]
年月日時分秒を表わせる時間型に対して、例えば、一部の”年月”のみ入力する情報等に使われることを想定する項目を用意した。災害対応の初動時では、正確な時間よりも報告が優先され、一部の時間情報を省略することが多い。
- 曖昧な時刻を表現する
[解決手法]
その日時がそもそも曖昧である曖昧時刻を用意した。例えば、”午後5時頃に作業を終了する予定”等の日時を明確に示す事ができない情報等に使われる。被災時の作業予定などに用いる事を想定した。
- 不確定な時刻を表現する
[解決手法]
不確定時刻を用意した。明らかに特定する事ができない日時ではあるが、”おそらくこれくらいの時刻に壊れた”等の情報に使われることを想定する。被災時は、後に報告される被害情報があり、これら報告に用いられる事を想定する。
- 時間範囲を表現する
[解決手法]
避難所の設置時間等を表わす事を想定した項目を用意した。

場所スキーマ

応用スキーマ (一部の応用スキーマを除く) で使用されることを想定したスキーマである。今回設計したスキーマでやり取りされる情報には、何らかの場所情報が付帯する。これにより、図 4.1 で述べた見る角度により意味が一意にならない問題を、普遍的な位置情報で統一的に管理できる事が期待される。図 4.4 に、場所スキーマ (道路被害データ) の利用例を示す。

検討した事項:

- 場所の情報は世界標準の測地系の他、国内標準の座標系の表現を可能とする
[解決手法]
世界測地系の WGS-84 と国内で多用されてきた平面直角座標系を採用した。
- 多様性を考慮し、特定の表現のみではなく複数の表現を可能とする
[解決手法]
住所を表わす文字列による場所記述と、郵便番号や固定電話番号による場所の特定も許容する。さらに、特定のランドマークの指定も許容する。

4.6.4 応用スキーマの設計

応用スキーマは、個別の指示・報告等を表現する項目をまとめたものである。本研究で構築した応用スキーマの分類は”指示連絡情報/応答/発令、第4号様式、避難所情報、各種被害報告”である。設計された応用スキーマのクラス名とクラス間の構造、クラスの情報項目は関連図 4.6～4.9 を参照のこと。

検討した事項:

1. 本スキーマで取り扱われる情報は、特定の業務で扱う情報項目集であったり、自由記述的な情報であるため、情報をやり取りする機関間で定義してもかまわない。
2. 応用スキーマと基本スキーマをセットとして用いる。
3. 同一地点の事象が時間と共に変化する一連の情報に対して、一連性がわかる情報項目を導入する。

各スキーマには地物 ID という項目を用意し、「発信元情報-情報 ID-変更/修正」という形式など一連性がわかる情報を添付し、情報を選別する事を可能とする。ま

た、この地物 ID は、現場確認の指示、それに対する報告、さらに作業指示と、業務の一連性を示す項目として利用することが可能である。例えば、避難勧告の情報があつたとする(図 4.5)。同一地点(領域)に対して、まず避難勧告情報が 13 時に、15 時に避難指示に変更、17 時に避難指示の解除の情報があつたとする。情報としては別であっても、取り扱う情報システムでは情報が重なってしまい情報が埋もれてしまう事がある。



地物IDの利用例: 避難勧告 ⇒ honbu-No007-000
避難指示 ⇒ honbu-No007-001
解除 ⇒ honbu-No007-002

図 4.5: 一連の情報変更の例

4.6.5 指示連絡情報/応答/発令

地方自治体の災害対策本部を中心とした関係部署との間でやり取りされる(被害・対応)報告、指示連絡、応答、(避難勧告・警戒態勢)発令等の業務で用いられるであろう情報に注目し、スキーマを設計した。設計されたスキーマを構成するクラス(概念)とそれらの間に存在する関連の構造を図 4.6 に示す。クラス名が網掛けになっているものは基本スキーマとして設計され

ているものである。その他のクラスは、応用スキーマである。

特徴:

- 災害対応の指示や関係部署への連絡情報を扱う。
- 避難勧告等の情報を扱う。
- 警戒準備や災害対策本部設置等の情報を扱う。
- 災害対策本部等からの指示に対する応答を扱う。

4.6.6 第4号様式

第4号様式は、地方自治体が上位機関への報告に用いられている被害状況速報の様式の事である。報告内容は、人的被害、住家被害、その他の被害状況を件数や人数で記入されている。これまで4号様式は一定時間間隔で市町村から都道府県にFAXや専用システムによって報告されてきた。今回、第4号様式のスキーマを策定した理由は、被災時の多忙な職員が、本報告に多くの時間を割いているため、情報を収集した市町村の情報システム等が自動的に第4号様式の項目を集計し報告することで作業量を軽減させるためである。また、市町村から受け取った第4号様式のデータが共通のスキーマであるならば、都道府県から国に報告するデータを自動生成したり、独自に集計データを編集できるなどの利点がある(図4.6)。

特徴:

- 本スキーマは、第4号様式の被害状況速報の様式・項目に準拠した形で設計した。

4.6.7 避難所情報

避難所名や開設予定日時、開設状況、収容可能人数等が書かれ、外部に公開することにより避難者への対応を迅速に行える事が期待される(避難所運営状況)。また、食糧・人的・物資支援の要請を加える事で、避難所毎へ適切な対応を行なえることを期待する(避難所要求)。図4.7参照。

4.6.8 各種被害報告

水害に関連するであろう被害を選定し、事象ごとに被害情報を伝えるスキーマを設計する。設計したのは、人的被害、河川被害、土砂災害(図4.7)、建物被害、ライフライン被害、その他被害(図4.8)、道路被害、道路規制、道路混雑、道路区間、道路スキーマ(図4.9)である。

特徴:

- 各種被害情報には重要度を考慮する行政機関の被害報告で優先されるのは人的被害の有無であるという行政職員の意見(住民中心)を取り入れ、各被害には重要度として”人的被害あり>住民への影響あり>被害”というレベルを導入する。
- 確認・未確認情報の導入住民等から行政によせられる被害報告は、職員による再確認の後に正しい情報として扱われる。しかし、被災時の混乱している状況下では、再確認をする事は難しい。また、被災者がいるような報告では、未確認であっても至急対応が必要となる。したがって、このような情報であっても有効に活用するためには、確認・未確認情報である事を明示する必要がある。
- 道路の被害・規制・区間・混雑情報を表現道路情報には、一般的な道路の情報の他に、道路被害情報や道路規制情報、道

路混雑情報、道路区間情報が考えられる。そこで、それら情報を個別に表現する事が可能なスキーマを設計した。

- 道路区間を表現道路ネットワークデータ (リンクとノードで表現) を用いて、交通シミュレーション等でも扱えるように考慮した (図 4.4 参照)。
- 場所の特定が難しい被害の情報を扱う例えば、河川の被害箇所を示す場合、河川には住所等の計画的な位置を示すものがない。そこで、目標物を用いる事により、相対的な位置を示す事を可能とした。

メタデータの分類	メタデータとして必要な項目
時間時刻	確認時刻, 発信時刻, 変更時刻, 確定時刻, 連絡時刻, 期間 (時間), 設立日時, 解散日時
業務	報告番号, 情報取り扱い可否
宛先	送り先 (名, 住所, アドレス, 等)
補足	地物説明, 追加情報, 備考, 添付資料, 資料名, 単位, 文字セット, 参照先 (URI)
人	氏名, 性別
組織	所属組織, 組織長, 組織メンバー, 上位組織, 下位組織
連絡先	E-mail, 携帯電話, 固定電話, FAX
所在地	住所, 位置情報, 目標物 (ランドマーク), 郵便番号

表 4.3: メタデータとして取り扱う項目

基本 スキーマ名	概要と情報項目				
	注) 情報項目の網掛け部分は他のスキーマを読み込む				
メッセージ	情報の発信日時や報告番号、発信者氏名組織等を扱うことを目的とし、基本スキーマの主体となる				
	発信時刻	報告番号	閲覧可能組織一覧	地物説明	追加情報
備考注釈	備考注釈	発信者氏名組織	地物 ID	地物 Path	
	備考注釈や添付データを扱うことを目的とする				
発信者氏名 組織	備考注釈	添付データ			
	発信・受信者の氏名や組織を扱うことを目的とする				
	【個人情報】				
	氏名 (FirstName)	氏名 (FamilyName)	性別	所属	E-mail
	携帯電話	固定電話	FAX	住所	備考注釈
	【組織情報】				
	上位組織	下位組織	組織長	メンバー	組織設立日時
	組織解散日時	E-mail	携帯電話	固定電話	FAX
	住所	備考注釈	所属		
時間時刻	各情報の取得時刻やある期間を表わす情報を扱うことを目的とする				
	確定時間時刻	部分時間時刻	曖昧時間時刻	不確定時間時刻	時間範囲
添付データ	写真や資料の添付データを扱うことを目的とする				
	コンテンツ名	文字セット	Base64 データ	参照先 URI	
単位	一般的な情報の単位の他、災害時で用いられることがある単位を扱うことを目的とする				
	1 日分	1 人分			
	メートル	キログラム	秒	ケルビン	アンペア
	ボルト	モル	カンデラ	平方メートル	ヘルツ
	秒速	パスカル	ワット	立方メートル	
場所	場所情報に係わる座標を扱うことを目的とする				
	経度緯度	旧測地系	住所	固定電話	ランドマーク
	郵便番号				

表 4.4: 基本スキーマの概要と情報項目

```

<RoadDamage xmlns="http://www.infosharp.org/schemas/dml">↓
<message>↓
  <timestamp>2006-10-20T22:46:55+09:00</timestamp> ↓
  <reportingNumber>999-999</reportingNumber> ↓
  <from>↓
    <person>↓
      <firstName>太郎</firstName>↓
      <familyName>防災</familyName>↓
      <sex>男</sex>↓
      <residentialFeature>建設部</residentialFeature> ↓
      <contactMethod />↓
    </person> ↓
  </from> ↓
  <readableGroupOrPersonList>999-999</readableGroupOrPersonList> ↓
  <content>↓
    <featureId>72de4ce4-dcd5-41dd-bb63-490bd9169f8c</featureId>↓
  </content> ↓
</message>↓
<featureId></featureId>↓
<levelOfImportance>重要</levelOfImportance>↓
<name>国道8号線</name>↓
<number>0</number>↓
<bridgeName>刈谷田橋</bridgeName>↓
<damagePointAddress>新潟県見附市三杉町</damagePointAddress>↓
<confirmed>確認</confirmed>↓
<roadPath>↓
  <linkId>232</linkId>↓
  <startNode>56</startNode>↓
  <endNode>63</endNode>↓
  <pathStart>7562</pathStart>↓
  <pathEnd>7743</pathEnd>↓
  <roadGeometry>↓
    <addresspoint>↓
      <WGS84>↓
        <geometry>↓
          <gml:LineString xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml">↓
            <gml:coordinates>34272.94275492148,170294.99119043536 ↓
            34289.876079110814,170255.48010066024 </gml:coordinates>↓
          </gml:LineString>↓
        </geometry>↓
      </WGS84>↓
    <JGD2000>↓
      <epsg>2449</epsg>↓
      <EXTENT>↓
        <gml:LineString xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml">↓
          <gml:coordinates>-702885.1661459,-472902.6455438 ↓
          -701973.4976848,-474785.2169455 </gml:coordinates>↓
        </gml:LineString>↓
      </EXTENT>↓
    </JGD2000>↓
    <Address>新潟県見附市三杉町</Address>↓
    <Telephone/>↓
    <Landmark>見附駅の近く、セブンイレブンがある</Landmark>↓
    <Postcode/>↓
  </addresspoint> ↓
  </roadGeometry>↓
  <roadLength>54</roadLength>↓
  <roadWidth>18</roadWidth>↓
  <roadNp>0</roadNp>↓
</roadPath>↓
<roadId>732</roadId>↓
<roadDamageId></roadDamageId>↓
<confirmationTime>2006-10-20T22:46:55+09:00</confirmationTime>↓
<damageClassification>落橋</damageClassification>↓
<damageLevel>↓
  <roadDamageLevel>3</roadDamageLevel>↓
</damageLevel>↓
<note>↓
  <text>刈谷田橋が落橋しているため車は通行できない</text>↓
</note>↓
</RoadDamage> [EOF]

```

図 4.4: 場所スキーマのデータ例

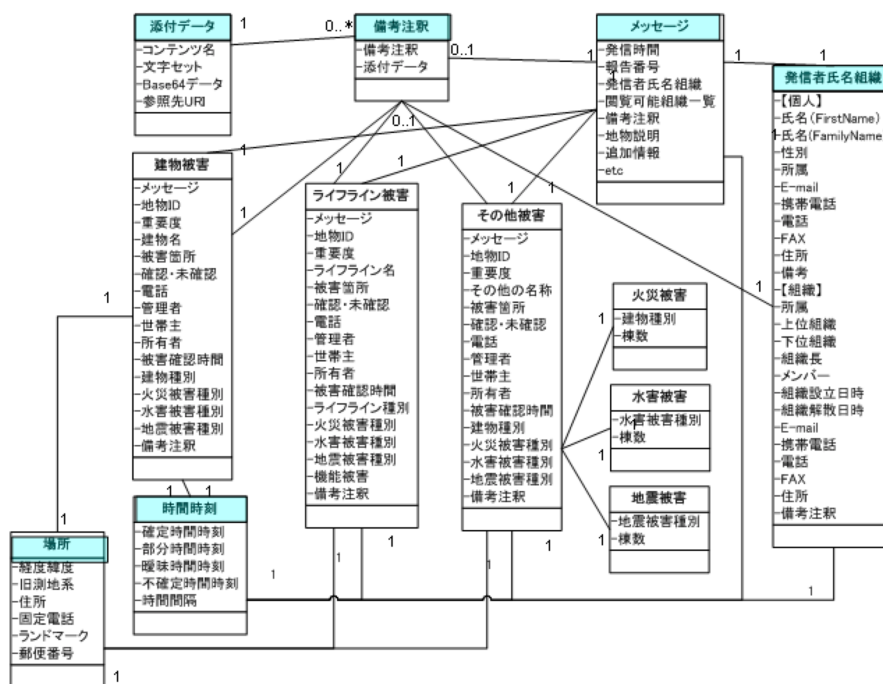


図 4.8: スキーマの関連図 (建物被害, ライフライン被害, その他被害)

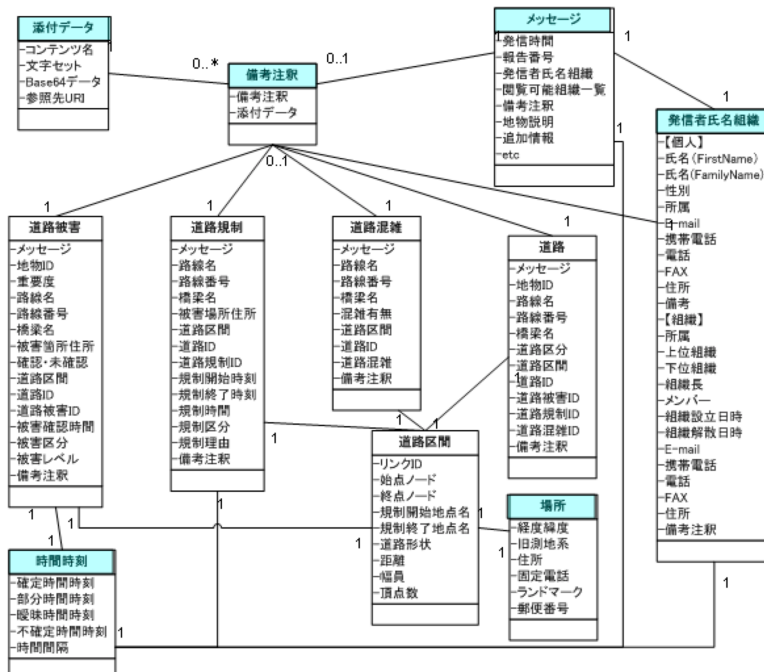


図 4.9: スキーマの関連図 (道路, 道路被害, 道路規制, 道路混雑, 道路区間)

表 4.5: 実証実験の内容と協力機関・評価者

No	実験の内容	実験参加協力機関	評価（検証）者
1	水防情報収集と体制配備	NTT-AT	見附市
2	被害情報収集と災害対応	見附市、新潟県、消防庁、内閣府	見附市、新潟県、消防庁、内閣府
3	避難所運営	見附市	見附市
4	避難支援（シミュレーション）	見附市	見附市
5	報道機関への情報提供	見附市	見附市、新潟県、報道関係者
6	被害・対応状況の共有（見附市）	見附市	消防庁、新潟県、見附市、東北電力、NTT 東日本、長岡国道工事事務所、見附警察署
7	被害・対応状況の共有（外部機関）	消防庁、新潟県、内閣府、見附市、東北電力、NTT 東日本、見附警察署、本田技研工業	消防庁、新潟県、内閣府、見附市、東北電力、NTT 東日本、見附警察署、長岡国道工事事務所

見附市：総務部、建設部、ガス上下水道部、産業部、民生部ならびに消防本部

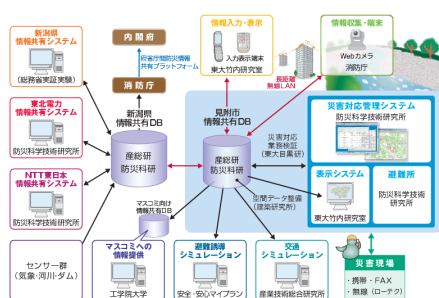


図 4.10: 見附市実証実験概略図

た実データがやり取りされた。各機関の情報システムより、被害情報や通報情報の XML データが新潟県情報共有 DB や見附市情報共有 DB を経由して、災害対策本部等の情報システムに読み込まれる。同様に、見附市の情報システムで入力された被害報告等の XML データは、見附市・新潟県情報共有 DB を経由して、参加機関の情報システムへ送付される。図 11 は、実証実験で使われた指示連絡情報の XML データ例である。この例は、災害対策本部から、被災現場に出動している市職員の PDA(東京大学) に対して送られた指示情報である。被災現場の職員は、これまで防災無線や携帯にて指示を受けて行動していたが、本データにあるように、指示情報のほか被災現場のポリゴン情報も受けることが可能であり、より詳細な情報を共有することが可能である。また、被災現場には、他地域からの応援者も数多く参加している。地元にな案内な応援者へも的確に地域を指定する事が可能である。

表 4.6: 実証実験の参画機関の役割

防災科学技術研究所	見附市利用の災害対応管理システム運用 (有)
見附市	災害対策本部 (総務部), 建設部, 消防本部, 民生部による, 災害対応業務を災害対応管理システムにて行なう (有)
消防庁	消防庁情報共有システムにて情報収集活動 (有)
東京大学	PDA, 携帯電話を用いた被害情報収集システムにより, 災害対策本部との間で情報共有する (有)
工学院大学	WebGIS を用いた市民・報道機関への情報共有データの提供 (有)
産業技術総合研究所	情報共有データを用いた交通シミュレーション (有)
安全・安心マイプラン	情報共有データを用いた避難シミュレーション (有)
内閣府	府省庁間防災情報共有プラットフォームとの情報共有 (消防庁 ⇒ 内閣府)(無)
NTT-AT	災害ナビゲーションシステム (無)
東北電力	停電情報の共有 (有)
NTT 東日本	電話の不通エリア情報の共有 (有)
新潟県	第 4 号様式による被害状況報告の収集 (有)
その他機関	実証実験の検証や基盤データの作成等

表 4.7: 実験シナリオの一部と使用スキーマ例

予定時刻	項目(被害種別編)	通報・指示 報告・要請	内容	発信者	機器	受信者	使用スキーマ
◎被害・対応状況の共有(見附市)のシナリオ ◎被害・対応状況の共有(外部機関)のシナリオ 使用スキーマ: 1.メッセージ 2.時間時刻 3.発信者氏名確認 4.備考注釈 5.添付データ 6.場所 7.建物被害 8.道路被害 9.道路広域 10.指示連絡情報 11.避難勧告発生 12.河川被害 13.人的被害 14.第4号様式							
15:15	床上浸水	報告	宮之原町刈谷田川左岸で床上浸水発生	現場職員(建設)	無線	建設	1.2.3.4.5.6.7
	救助要請	連絡	本町町、刈谷田川に沿った地域が次第に浸水している。	消防団	無線	総務(本部)	1.2.3.4.5.6.8.9
15:16	床上浸水	報告	本町町の浸水被害状況の現場確認を指示	総務(本部)	災害対応管理システム	建設	1.2.3.4.5.6.10
15:25	避難	避難	「浸水分析表」の検討の結果、15:00に刈谷田川流域全域への避難指示発令決定	—	—	—	—
15:30	避難	避難	刈谷田川流域全域に避難指示発生、住民避難依頼および避難式機活動開始	本部員	災害対応管理システム	—	—
	避難	避難	刈谷田川流域全域に避難指示発生、住民避難依頼および避難式機活動開始	—	WebGIS	住民等	1.2.3.4.5.6.11
16:00	決壊	報告	稲見渾水川両岸堤防決壊、応急対応に入る。	現場職員(建設)	無線	建設	1.2.3.4.5.6.10
		指示	稲見渾水川両岸堤防決壊、了解。人命優先で対応すること。	建設	—	—	—
16:12	越水	報告	町屋橋下流左岸越水、下流域へ浸水している。	現場職員(消防)	無線	消防	1.2.3.4.5.6.12
16:20	浸水	報告	今町の内水による浸水増大中、上越町新緑町迄まで達している。	消防職員	災害対応管理システム	—	—
16:35	決壊	要請	稲見渾水川両岸堤防決壊部分、応急対応の応援要請	現場職員(建設)	無線	建設	1.2.3.4.5.6.10
16:36		連絡	稲見渾水川両岸堤防決壊の応援要請、本部了解、市職員を応援部隊として派遣する。	本部	—	—	—
16:40			河川水位減少開始	センサー	災害対応管理システム	—	—
16:45	浸水(越水)	連絡	刈谷町、水が堰に流れ込んできた。救助要し。	住民	電話	総務(本部)	1.2.3.4.5.6.13
	救助要請	要請	本部から消防へ刈谷町救助要請	総務(本部)	災害対応管理システム	消防	1.2.3.4.5.6.10
	かけ廻れ	報告	稲見渾水川西側面に崖崩れ発生、民家数件が押し流されている。	現場職員(建設)	無線	建設	1.2.3.4.5.6.7
	応援要請	要請	消防に応援を要請した。	本部	無線	現場職員(建設)	—
17:10	負傷者	報告	刈谷町孤立住民10名救助、稲見渾水川2名病院へ搬送。	消防	災害対応管理システム	—	1.2.3.4.5.6.13
17:25	救助要請	連絡	稲見渾水川からの救助要請に付し、救助隊を派遣。	消防	災害対応管理システム	—	1.2.3.4.5.6.10
17:30	浸水	報告	刈谷田川が急激に浸水増大中、刈谷町、稲見町浸水。	現場職員(建設)	無線	建設	1.2.3.4.5.6.8.9
17:40	浸水	報告	下流へ向かって浸水増大中、刈谷町、稲見町付近浸水。	現場職員(建設)	無線	建設	1.2.3.4.5.6.8.9
17:45	かけ廻れ	報告	消防、稲見渾水川西側面のかけ廻れ現場に到着。稲見渾水川西側面のかけ廻れ現場、捜索活動開始。	現場職員(消防)	無線	消防	1.2.3.4.5.6.10
	負傷者	報告	稲見渾水川孤立住民10名救助、稲見渾水川2名病院へ搬送。	消防	災害対応管理システム	—	1.2.3.4.5.6.13
17:55	救助	報告	刈谷町孤立住民17名救助	消防	災害対応管理システム	—	1.2.3.4.5.6.13
	負傷者	報告	稲見渾水川西側面のかけ廻れ現場、住民と思われる2遺体を発見。	消防	無線	現場職員(消防)	1.2.3.4.5.6.12
17:57	浸水	報告	稲見渾水川下流域へ浸水増大中、下刈町、深山村、鹿島町浸水。	現場職員(消防)	無線	消防	1.2.3.4.5.6.8.9
18:00	上位機関へ報告	報告	新潟県へ報告(4号様式)	本部	災害対応管理システム	新潟県	14
19:00	ラインライン	報告	一部地域復電	東北電力	情報表示システム	本部	1.2.3.4.5.6.7
19:20	ライフライン	報告	電話通信回復	NTT 東日本	情報表示システム	本部	1.2.3.4.5.6.7
00:00	避難	避難	刈谷田川流域全域の避難指示解除	本部員	災害対応管理システム	—	—
	避難	避難	刈谷田川流域全域の避難指示解除	—	WebGIS	住民等	1.2.3.4.5.6.11

4.8 評価と課題

提案スキーマへの評価は、アンケートにより (1) 実際にスキーマを情報システムで取り扱った担当者による評価と、(2) スキーマに用意された情報項目で、目的とする災害対応業務が行なえたか否かに対して、見附市職員や参画機関による評価により行なった。具体例を以下に示す。

(1) 情報システムに対するスキーマの評価 (アンケート実施：9 機関 12 名回答) これらに対する意見は、下記に述べる。

【主なアンケート質問内容】

今回提供したスキーマは使いやすかったか (回答：Yes 5 名, No 7 名)
どのスキーマのどの点が使いにくかったか
情報項目が足りないスキーマがあれば指摘
GML のジオメトリの表現に対する意見
情報を一意に定める地物 ID の項目に対する意見

(2) 災害対応業務に対するスキーマの評価実証実験では以下の 7 項目 (詳細検証項目 27 項目) について検証し、スキーマに対しては”必要な情報が迅速に共有されるか、どのような判断や対応が可能になるか”等の視点に立ってアンケートによる評価を行った。表 4.8 は、XML に関係した”被害・対応状況の共有”に関する項目を紹介する。

検証項目に対するアンケートの回答 (約 10 名) は、肯定・否定に関して 4 段階の評価により行った。その結果、全ての評価が肯定側の 2 段を占めており、高い評価を頂いた (参考文献 [38] を参照)。

本研究で提案したスキーマは、実験レベルで

検証項目	詳細検証項目
6. 被害・対応状況の共有 (見附市)	外部機関から提供される情報共有の有効性：ライフラインの被害情報 (停電・通信途絶)
	外部機関から提供される情報共有の有効性：道路被害・通行規制情報
	被害・対応状況の共有化による判断の高度化
	被害・対応状況の共有化による体制の高度化
7. 被害・対応状況の共有 (外部機関)	災害対応の記録
	外部機関 (県・国) が必要としている市の被害・対応状況の情報
	外部機関 (電力) が必要としている市の被害・対応状況の情報
	外部機関 (通信) が必要としている市の被害・対応状況の情報
	外部機関 (警察) が必要としている市の被害・対応状況の情報
	外部機関 (道路管理者) が必要としている市の被害・対応状況の情報
	外部機関の被害・対応状況の共有の有効性：ライフラインの被害情報 (停電・通信途絶)
	外部機関の被害・対応状況の共有の有効性：道路被害・通行規制情報
	被害・対応状況の共有化による判断の高度化
	被害・対応状況の共有化による体制の高度化

表 4.8: 被害・対応状況の共有に関する検証項目

の要件は満たしているものの、実用化を考えた場合には完成度や項目ごとの分類などまだ改良の余地がある。(1)のアンケートで指摘された意見も含め、改良すべき課題と解決手法の提案を以下に示す。

A) 基本・応用スキーマの項目整理

[課題]

各スキーマには、必須項目と選択項目をあわせると数十を超える項目が用意されている。これは必要な項目を漏れなく登録できるようにすることを目的としているが、項目数が多く全体が把握しにくいことが指摘された。この課題は、情報の全貌が把握しにくいことや、情報システムの処理が複雑になる課題も含んでいる。

[提案]

基本スキーマの項目を必須と選択項目に分類し、項目数を減らした設計とする。

B) 複数のデータにまたがる情報の取り扱い

[課題]

取り扱う情報の中には複数の対象(データ)にまたがって表現されるものがある。例えば、道路規制区間のように、ある道路区間を示すリンクIDを複数セットにして長い規制区間を表わしたりする場合がある。この場合には、1区間を1つのデータとして処理するか、全区間を統合したデータとするかで送受信側の情報システムの処理が複雑になってしまう。この課題は、同様な表現の避難領域(複数の行政界をまたぐ)等でも同様の問題を含む。

[提案]

道路区間情報等は、リンクIDとノードIDをセットで表現される。数キロに及ぶ道路の表現や、広範囲の道路を指定した時には、それらIDのセットは複数必要になる。これらを1セット毎にデータを作成すると、システムは複数回に及ぶデータの取得や処理が必要となり、ネットワークの輻輳とシステムの負荷が予想される。したがって、提案スキーマのように、意味をなす1つのデータとして各IDをまとめ、1つのデータにすべきと考える。

C) 行政界の領域を表わすポリゴン表現の扱い

行政界の表現には、行政界のポリゴンを座標で全て入力するか、行政界のコード番号(ID)だけで表現するかで情報システム(GIS機能)の処理の負荷が違ってくる。

[提案]

実証実験ではポリゴンを使うことで対応し、特に問題は指摘されなかった。しかし、一意なIDがあるのであれば、IDを用いてデータ量を削減する事が出来る利点がある。

D) データの更新履歴・リンク関係の取り扱い

[課題]

取り扱う情報の中には、既に報告された情報の続報や、関連のある情報であったりする場合がある。このような情報を扱うには、スキーマ中に続報や関連を示す項目が必要となる。

[提案]

実証実験では、発信者番号+管理番号+更新(関連)番号等のIDを報告番号や地物IDに記入する事によりこの課題に対応した。本手法を用いた場合、実証実験では機能したが、行政を越える統一的な表記法についてはコンソーシアム等での調整が必要である。

E) 行政界・町丁目・字界などへのID割当て

[課題]

C)で述べたように、行政界等の表現は、ポリゴンでの表現よりも、あらかじめ定めたIDを利用するほうがデータの処理を考えると有効である。しかし、公的機関では、全ての町丁目・字界のIDは策定しておらず、利用することが出来ない。現在、複数の民間企業等からは、町丁目・字界のIDは提案されているが、これを用いた場合には情報共有する機関間で同じ製品を利用する必要があり課題となる。

[提案]

行政機関で一意なIDを提案することが重要であり、早期の策定を期待する。IDに関しては、例えば組織であったり物資であったりと、一意なIDが割当てられる事により情報システムの

処理が軽減できるものもある。

F) 行政界の区分に地域性がある

[課題]

地方自治体では、町丁目・字界の他にさらなる区分けが存在している。これは街の成り立ちに起因すると考える。この場合、E) に示した ID の割り振りでは整合性がとれなくなる。

[提案]

このような地域性のある区分けでは、ポリゴンでの表現を併用することで他機関と整合性が取れるデータとなる。

4.9 まとめ

本研究では、災害対応時に必要な情報を、共通なデータ構造に載せて情報共有するためのスキーマの設計方針・手法を提案し、スキーマを構築した。また、情報共有のための実証実験により、構築したスキーマの有効性を評価した。

スキーマの設計準備は、まず、自治体で構築されている防災情報システムの機能と情報項目を調査する必要がある。更に、対象とする災害を決定し、(本研究では水害対応) 主要な機能と情報項目を抽出した。また、自治体の災害対応に用いた情報項目と業務を参考にし、集めた情報項目を意味的にグループ分けした。分類された情報項目と、4.6.2 で示した設計方針に従い、基本スキーマと応用スキーマを設計した。

本研究で設計したスキーマは、災害対応に利用可能なスキーマの雛形としての性格を持っている。設計されたスキーマは、見附市の実証実験にて市職員の参加のもと、必要な情報を本スキーマにて共有することが出来たことで評価された。各機関で必要とする情報項目はそれぞれ異なるため、本研究で設計したスキーマは実証実験では十分との評価であるが、情報項目数も含め、実用に耐えうる設計であるかは定かではない。しかし、今後、様々な利用シーンを想定し、かつ、様々な災害対応実施機関やシステムとの情報共有を可能とするため、本研究で構築

したスキーマを修正し、さらに提案した設計方針に基づきスキーマを追加・設計する事を繰り返すことが期待できる。また、既にいくつかの組織からは業界標準となるスキーマが提案されている。これらスキーマを本スキーマに取り込む事により、現実的な情報の共有が可能となる。

一方、災害対応実施機関が提供する情報の中には、研究・観測機関が提供する災害情報もある。これら情報の中には難解であるだけでなく、どの様に災害対応実施機関や行政機関等の災害時の行動判断に結び付けてよいかわからないものもあり、こうした情報の活用方策については今後の課題である。

第5章 移動体のための動的座標変換

移動ロボット等のセンサを持つ移動体群による空間地図作成，空間情報共有のためのプロトコル，およびそのプロトコルを扱うサーバシステムを提案する．提案するシステムでは，レーザーレンジファインダ等の移動ロボット上のセンサで得られる計測されたデータをそのまま保存するとともに，外部から各データ間の座標系定義を与えることで，空間地図作成，ロボット位置同定が可能になる．

5.1 はじめに

震災等の災害やテロ等の人命救助に関わる現場において，災害状況を的確にかつ可能な限り早急に把握することは救助の視点からも非常に重要な課題である．しかしながら，レスキュー隊員が危険な地域への立ち入りを行うことは二次災害を発生させる危険がある．そのため，危険な地域や瓦礫のすき間などの人間の侵入できない狭い場所の調査には，ロボットを用いての安全な場所からの遠隔操作による探査が期待されている．通常，ロボットの正確な位置，向きを取得することは技術的に困難であり，ロボットの自己位置推定と地図作成を同時に行う SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) と呼ばれる手法など，レーザーレンジファインダ等のセンサやオドメトリ情報などをもとにして自己位置推定，地図作成を行う研究が行われているが，ロボット位置に誤差が含まれることは避けられない．そのため，必ずしも正確でない情報を探査ロボットが報告することになる．情報を集約して正しいと思われる形で共有するためには，データ登録後の位置の誤差補正が可能なが望ましい．また，災害に関わる情報には，さまざまなものが存在するため，これらを表現し有効に共有できるシステ

ムが求められており [12, 13]，災害における標準的な情報構造を規格化していくことが重要である [21]．

そこで我々は，災害時探査ロボットを含め災害時の情報共有に適したデータベースシステム DaRuMa (DAtabase for Rescue Utility Management) を開発した．本稿では，本データベースシステムについて述べ，移動ロボットのための座標系モデルを提案する．また，それらの有効性を検証した実証実験についても述べる．

5.2 情報共有データベースシステムの要件

災害時に有効な情報共有を行うためには，情報共有データベースシステムは以下のような要件を満たす必要があると考える．

- データの表現力
 - システムで扱われる情報構造は，当然であるが災害時に必要なさまざまな情報を表現できる必要がある．具体的には以下のものが挙げられる．
 - 文字列，数値等の一般的なデータ
 - 地名，人名，物資の量など文字列や

数値は一般的によく使われる。当然ながらこれらは扱える必要があり、それに加えて検索で被害の大きいものだけをピックアップする、などのように数値の大小や文字列の比較で検索できる必要がある。

- 地理データ

発見した生存者やマップの表現など、移動ロボットでは位置は重要な情報となる。よって、位置や範囲等の地理的なデータを保存するとともに、十分な速度で地理的な検索を行なえる必要がある。
- 時刻データ

災害時の状況は、時々刻々と変化するため、ある情報がいつの情報であるかは非常に重要である。また一つの情報の中にも複数の時刻を持つものも存在する。例えば、1件の崖崩れ被害報告の中に通報時刻、確認時刻、報告時刻のように複数の時刻データが存在することがありうる。
- 画像等のデータ

写真、動画等の情報は、被害の実状を把握する上で非常に有効な情報であり、これらテキストデータ以外の情報も扱えることが重要である。
- 構造化されたデータ

実際に災害時に扱われる情報は、被害の場所、通報時刻、その被害の写真データや報告者情報、註釈等のように組み合わせて扱うことがほとんどである。またこの場合の通報者情報は、人名や連絡先等、複数の項目から構成されることがありうる。情報を単に列挙してまとめるだけでなく、階層的に情報を組合せて表現できることが望ましい。

よって、SQLのようなフラット化さ

れた単なる表ではなく、入れ子構造のような階層化され、整理されたデータを扱えることが重要である。

- データ構造の部品化、再利用

災害時に共有されることで有効な情報は多数あるが、それぞれの情報の構造を別々に一から定義すると、同一の事象を表現するための定義が複数できてしまい収拾がつかなくなる。特によく使われるものについては部品化して定義し、統一的な表現が行なえるようすべきである。すでに定義されている形式を用い新しい形式を作成できること、現状存在するデータ構造を共通化、再利用できることが重要である。
- 検索機能

災害情報を共有して必要な情報を詳細なレベルまで収集し、必要なときに必要なものが入っている状態にすることは重要であるが、災害対応時にはこれら全てを見るだけの十分な時間はない。重要な情報をすばやく見付けられることが重要であり、地域、人や場所、物などさまざまな検索条件において検索できることが必要である。検索条件に関しては、災害においてはさまざまな状況が考えられるので、単に事前に検索条件を準備するだけでなく、汎用的で柔軟な検索条件を指定できることが重要である。

5.3 減災情報共有プロトコル

前節で述べた要件を元に減災情報共有プロトコル MISP (Mitigation Information Sharing Protocol) [15, 52, 26, 25] を設計した。設計にあたり可能な限り現存の、ISO 等ですでに標準化され広く使われている規格を採用し、現存のシステムや今後作成されるシステムとの親和性を高めることを目指した。標準の採用は同時に

既存のツール等をそのまま利用出来るという利点があり、災害以外の目的のためのシステムとの連携や応用が期待できる。また、レスキューロボットやセンサーシステムのような、大きな計算能力の期待できないシステムでも扱えるようシンプルさを保つよう努め、プロトコルを設計した。

設計した MISP は、WFS (Web Feature Service)[5]をベースとした XML ベースのプロトコルであり、WFS と関連する GML(Geography Markup Language)[54], XML Schema 等の各種標準を用い、その上で災害情報を共有するにあたり、不足すると思われる部分を追加する形で規定した。XML 系の各種標準をベースとしたことで、構造化した情報を自然な形で扱え、またその定義は XML のデータ構造記述言語の一つである XML Schema を用いて記述するようにしたため、情報構造自体を XML データとして共有することができる。地理表現、時刻表現には GML を、検索等には柔軟な検索形式が定められている WFS を用いた。基本的にはこれらの規格をそれらをそのまま採用し、必要と思われるところを拡張した。

図 5.1 に MISP の基本機能を示す。これに加え次節の座標系変換を追加した。MISP で取り扱う機能は、一般的なデータベース管理システムと、基本的には同じである。データの入力、検索、修正、削除が主な機能となる。MISP が WFS と大きく異なる点は、保存するデータの型を実行時に XML Schema によって定義、登録し、構造を共有化することができる点である。このため、運用時にシステムを停止させずに更新が可能であり、システム統合作業時等に、共有するデータ構造(スキーマ)を追加・修正してリアルタイムにテスト・修正することが可能である。スキーマを固定せず、動的に変更可能としたことにより、今後、防災、減災研究による、より良い情報共有スキーマが提案された場合にも、プロトコルやデータベースシステム実装を変更することなく対応することができる。

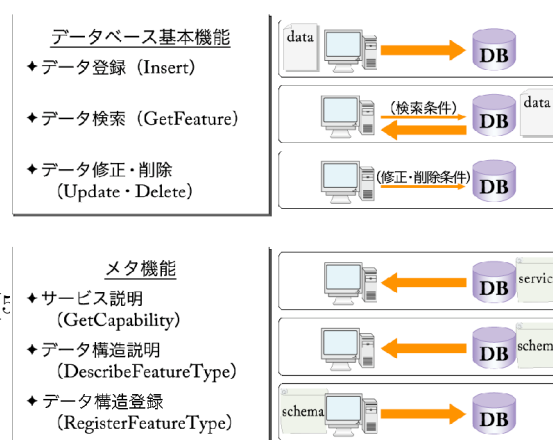


図 5.1: MISP の機能

5.4 座標系変換登録

ロボットのセンサ情報はそのセンサの位置をベースにしてデータを提供するもの、すなわちセンサ相対のデータを提供するものが多い。例えば、レーダーレンジファインダではセンサからの対象物体までの相対距離を計ることが可能であり、停止した状態でセンサを回転して全方位を計測することで、周囲の3次元構造の情報を取得することができる。ただし、ロボット位置の不確定性から、対象物体の実体と観測との間にずれが生じる。提案するモデルでは、このずれを後から補正出来るようにデータと座標系の定義をそれぞれ独立に登録する。センサデータをデータベースシステムに登録する際、座標系を指定して登録し、座標系間の関係を座標系変換という形で別に登録する。例えば、移動による自己位置推定のノイズが大きい場合は各センシングのたびごとに座標系を作成し、センシング結果を取得した場所を原点とした新座標系上のデータとして登録する。複数の座標系間の変換定義を別途登録し、これを修正可能とする。データの取得時は、これら座標系変換定義を用いて、自動的にデータを指定された座標系で取り出すことができる。

これをプロトコルとして以下のように形式化した。それぞれの形式について述べる。

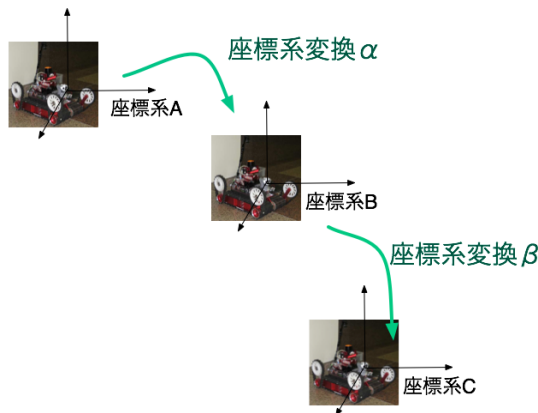


図 5.2: 座標と座標変換定義

- 座標系変換定義

図 5.3 に座標系変換定義フォーマット, 図 5.4 に座標系変換定義の例を示す. この例

```
<misp:RegisterCoordinateSystemTransformation
  xmlns:misp="http://www.infoharp.org/misp">
  </misp:Transformation>
  <misp:Identifier>URL of this transformation</misp:Identifier>
  <misp:sourceCS>name of source coordinate system</misp:sourceCS>
  <misp:targetCS>name of target coordinate system</misp:targetCS>
  <misp:transformationMethod>
    <misp:AffineTransformation>
      <misp:sourceDimensions>dimensions of source coordinate system</misp:sourceDimensions>
      <misp:targetDimensions>dimensions of target coordinate system</misp:targetDimensions>
      <misp:parameters>
        affine transformation parameters
      </misp:parameters>
    </misp:AffineTransformation>
  </misp:transformationMethod>
</misp:Transformation>/>
</misp:RegisterCoordinateSystemTransformation>
```

注記:
 URL of this transformation : この登録を参照する際の ID として用いる一意な名前
 name of source coordinate system : 変換元座標系の一意な名前
 name of target coordinate system : 変換先座標系の一意な名前
 dimensions of source coordinate system : 変換元座標系の座標軸の数
 dimensions of target coordinate system : 変換先座標系の座標軸の数
 affine transformation parameters : アフィン変換のためのパラメータ列、実数値を空白文字で区切り羅列する。

図 5.3: RegisterCoordinateSystem フォーマット

では, urn:misp:example:table1 座標系から urn:misp:example:room1 座標系への変換を登録している. この変換により変換元座標系 urn:misp:example:table1 上の点 (x, y) は, 以下のように変換先座標系 urn:misp:example:room1 上の点 (x', y') に変換される.

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

```
<misp:RegisterCoordinateSystemTransformation
  xmlns:misp="http://www.infoharp.org/misp">
  <misp:Transformation>
    <misp:Identifier>urn:misp:example:table1-to-room1</misp:Identifier>
    <misp:sourceCS>urn:misp:example:table1</misp:sourceCS>
    <misp:targetCS>urn:misp:example:room1</misp:targetCS>
    <misp:transformationMethod>
      <misp:AffineTransformation>
        <misp:sourceDimensions>2</misp:sourceDimensions>
        <misp:targetDimensions>2</misp:targetDimensions>
        <misp:parameters>
          1 2 3
          4 5 6
        </misp:parameters>
      </misp:AffineTransformation>
    </misp:transformationMethod>
  </misp:Transformation>
</misp:RegisterCoordinateSystemTransformation>
```

図 5.4: RegisterCoordinateSystem sample

- データ登録

データを登録する際には, 図 5.5 のよ

```
<misp:Transaction xmlns:misp="http://www.infoharp.org/misp">
  <misp:Insert>
    <SampleObject xmlns="http://www.infoharp.org/misp/sample"
      xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml">
      <location>
        <gml:Point srsName="urn:misp:example:table1">
          <gml:coordinates>-1.8,2.0</gml:coordinates>
        </gml:Point>
      </location>
    </SampleObject>
  </misp:Insert>
</misp:Transaction>
```

図 5.5: データ登録例

うに地理データの座標系を指示する属性を付け, 座標系も共に指定する. この例では, urn:misp:example:room1 座標系の $(-1.8, 2.0)$ の位置にオブジェクトがあることを示している.

- データ取得

図 5.6 にデータを取得する例, 図 5.7 に

```
<misp:GetFeature xmlns:misp="http://www.infoharp.org/misp"
  xmlns="http://www.infoharp.org/misp/sample">
  <misp:Query typeName="SampleObject" srsName="urn:misp:example:room1">
    <misp:Filter>
      <misp:True/>
    </misp:Filter>
  </misp:Query>
</misp:GetFeature>
```

図 5.6: データ取得例

その結果を示す. データ取得時に, 座標系を指定し, どの座標系でデータを取得したいかを指定する. 取得したい座標系と登録された座標系間の変換が登録されていれば自動的にデータの座標を変換することができる.

元データの座標系と, 取得時の座標系の


```

<misp:GetFeatureResponse xmlns:misp="http://www.infosharp.org/misp"
                           xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml">
  <misp:ResponseStatus>
    <!-- 略 -->
  </misp:ResponseStatus>
  <misp:FeatureCollection>
    <gml:featureMember>
      <SampleObject xmlns="http://www.infosharp.org/misp/sample">
        <location>
          <gml:Point srsName="urn:misp:example:room1">
            <gml:coordinates>5.2,8</gml:coordinates>
          </gml:Point>
        </location>
      </SampleObject>
    </gml:featureMember>
  </misp:FeatureCollection>
</misp:GetFeatureResponse>

```

図 5.7: GetFeatureResponse

変換が直接登録されていない場合でも、複数回の変換の組み合わせによって間接的に変換可能な場合、座標系間の関係を自動で検索し、変換を行う。例えば、座標系 A,B,C,D において、 $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$, $C \rightarrow D$ の変換が与えられているとき、A 座標で登録されている点を D 座標で取得する場合は、自動的に $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$, $C \rightarrow D$ の組を発見して変換を行ない、D 座標に変換されたデータを返す。

- データベースシステム DaRuMa

我々は 上記座標系定義を含めた MISP に準拠した実装の一つとして DaRuMa(Database for Rescue Utility MAnagement) を作成した。DaRuMa の構造を図 5.8 に示す。プロトコル処理や通信処理を行ったうえで、MySQL もしくは PostGIS にデータを格納する構造となっている。DaRuMa の特徴は以下のとおりである。

- 大規模データ
内部で、データの保持に広く利用されており実績のある MySQL を用いており、大規模データを安定かつ高速に検索・操作できる。
- マルチプラットフォーム
Java によって記述しており、MySQL もしくは PostGIS と Java の動作する複数のプラットフォーム (Linux, FreeBSD, Windows) で動作可能である。

- 動作環境

ノート PC 等の比較的非力なマシン上でも動作する。

- フリーソフトウェア

オープンソースソフトウェアとして公開しており自由に使用できる [26, 27].

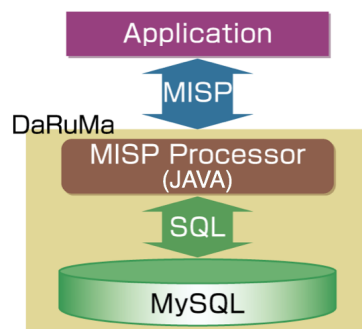


図 5.8: DaRuMa の構造

5.5 レスキューロボット実証実験

本研究のシステムを実際のロボットと統合し、実証実験を行った。実験には図 5.9 の 探査用レスキューロボット Kenaf を用い、神戸市三宮駅地下街にて実験を行なった。実験では複数台の Kenaf を用い、情報を DaRuMa に集約した。(図 5.10)

これらロボットのような大きな計算能力を用いることのできない組み込みシステムであっても、DaRuMa に接続して情報の登録が可能であること、これら救助活動に効果的な詳細なレベルでの情報の共有を行えることを確認した。

5.6 まとめと今後の課題

複数の移動ロボット情報統合のための座標系モデルを提案、実装し複数のロボットを用いて実験を行った。今回のモデルでは座標系変換自



図 5.9: 実験に使用した災害救助ロボット Kenaf

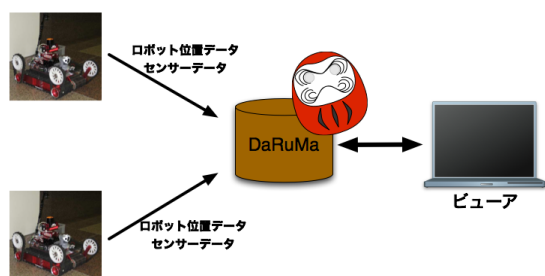


図 5.10: 実験でのデータの流れ

体にはノイズの考慮が無く、複数の変換経路がある場合は、ノイズが最小となる経路を使うべきであり、ノイズをどう扱うかは今後の課題である。

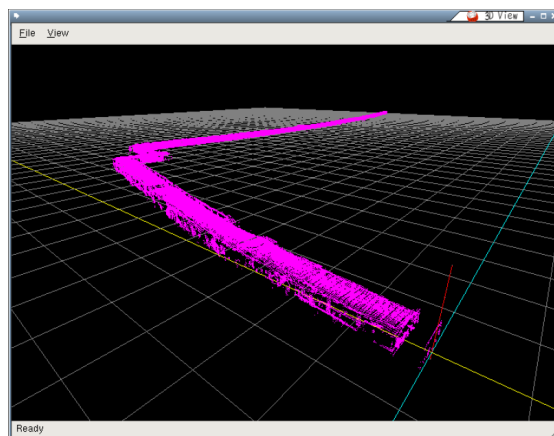


図 5.11: 取得したスキャンデータ

第6章 プローブカーを用いた道路情報共有

災害時の救急・救援活動や復旧活動に際して自動車の利用は不可欠であり、道路情報は最も重要な情報の一つである。しかし、大きな災害に際しては、刻々と変化する広域の道路状況をリアルタイムに把握することは容易ではなく、適切な情報が提供されているとは言い難い状況である。本稿では、プローブカー情報の減災利用に関する取り組みの一環として、2007年7月新潟県中越沖地震における「通れた道路マップ」の試験提供の取り組みについて報告するとともに、抽出された課題を提示した。さらに、プローブカーによる道路被害把握の可能性についても実データに基づき検討し、プローブカー情報の減災利用の実現に向けた課題と展望について議論した。

6.1 はじめに

災害時における様々な救急・救援活動や復旧活動に際して、移動や搬送手段として自動車の利用は不可欠であり、道路情報は災害時において最も重要な情報の1つである。しかしながら、大きな災害に際しては、広域にわたって同時多発的に被害が発生する一方、道路管理者自身も被災して迅速なパトロールが困難になる、警察は人命救助など優先順位の高い業務が発生するため交通に専念できなくなるなど、道路情報の収集と集約には多くの時間が必要となる[55]。その上、災害時の道路状況は時々刻々と変化することから、これらの状況をリアルタイムに把握して、提供することは容易なことではない[56, 57, 58, 59]。そのため、ICTが進展した今日においても、被災地に向かう車両、ボランティア等の一般車両、それぞれに適切な情報が提供されているとは言い難い状況にある[60, 61]。近年、航空写真やリモートセンシングによる道路被害の把握の試みが行われている(例えば[62])が、現時点では、観測頻度の問題や、抽出精度の問題など実用化には解決しなければならない課題が多い。そこで、災害時の道

路状況の迅速な把握を行うために、被災地内を走行する車両の走行データを共有することを考えた。自動車を探査装置して活用する仕組みは、交通工学の分野ではプローブカー[63]と呼ばれ、信頼性の高い旅行時間の予測[64]や事故[65]・異常渋滞[66]・路面凍結[67]の検出など様々な利用[68, 69][70]が検討されているが、災害時における道路状況の把握への適用はこれまで検討されてこなかった。過去の災害時におけるプローブカー情報から、プローブカーを活用した場合の効果が数値シミュレーションにより定量的に示されている[55, 71]。しかしながら、実災害時での有効性の検討は十分ではなかった。そこで2007年新潟県中越沖地震において、著者らが実施した被災地の復旧活動支援を目的とした通れた道路マップの試験提供について報告するとともに、その活動を通して得られた課題について検討する。次に、プローブカーによる道路被害把握の可能性について検討し、最後にプローブカー情報の減災利用の実現に向けた課題と展望について議論する。

6.2 プローブカー情報の減災利用

6.2.1 プローブカーシステム

走行する車両から得られる位置情報や運転挙動などの情報(プローブカー情報)を、サーバーで収集・処理し、配信する仕組みは、一般にプローブカーシステム(図 6.1)と呼ばれる。わが国では、2003 年秋に本田技研工業が信頼性の高い旅行時間の予測と渋滞回避を目的として、インターネット・フローティングカーシステムを実用化しており(2007 年 3 月に会員数 50 万人を超える)、現在、自動車会社に加えて、カーナビメーカーも追随し、日々走行している車両の情報が蓄積・活用されている状況にある。

6.2.2 プローブカー情報の減災利用の特長

プローブカー情報を減災利用するに当たり、既存の情報提供の仕組みと比して、特長と考えられるものを以下に整理する。

- 最新の道路情報を把握できる: 地震の余震の影響や台風などの豪雨災害では、時々刻々と被害状況が変化する。プローブカー情報は、被害状況を反映したリアルタイムなデータの収集が期待できる。
- 少ない車両でも効果が大きい: 1 台でも走行すればその道路が通行可能であったことを意味する。安全性は担保できないが、情報としては少ない台数でも意味を持つ。もちろん、走行する車両の数が増えることで情報のリアルタイム性や信頼性は高まる。
- VICS 情報未提供の道路情報がわかる: 設定されている約 26 万の VICS リンクのうち、約 18 万リンクについての VICS 情報(渋滞度、リンク旅行時間)が提供されて

いない。プローブカーは車両自身がセンサーとなっているため、幹線道路だけでなく地方道も含めて様々な道路種別の情報を把握することができる。

- 車両種別に応じた通行状況の把握: 大型車、10 トン車など車両種別情報を活用することで、車両種別に応じた通行状況を把握することができる。
- 平常時から利用されているシステムである: 一般に災害時での利用に特化した仕組みは機能しないと言われている。プローブカーは平常時の信頼性の高い旅行時間予測や渋滞回避の仕組みとして既に実用化されており、災害時においてもシームレスに活用することが期待できる。
- 新たな施設投資が不要: 平時から利用されているシステムを活用することから、災害時利用のための特別の投資が基本的には不要である。
- 災害に対して強い: プローブカー情報は、GPS を搭載した車両に記録される。従って、ライフラインや通信が途絶したとしてもデータそのものが消えることはない。さらに、パケット通信を使用しているため輻輳に強い。仮に携帯電話の基地局が機能停止になった場合であっても、通話可能な地域に移動することでデータの送受信が可能となる。

6.3 新潟県中越沖地震における通れた道路マップの試験提供

6.3.1 通れた道路マップ

道路管理者や警察から提供される通行規制の情報は、通常は表形式の規制区間の情報として

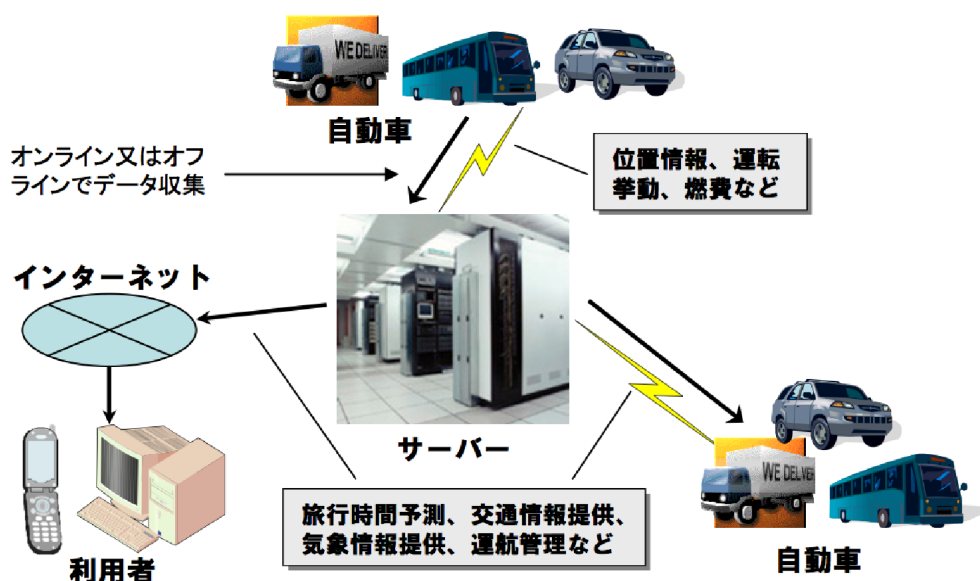


図 6.1: プローブカーシステム

提供される。そのため、土地勘の無い人間にとっては、規制箇所を地図上で特定することが大変困難な作業となる [55]。そこで、われわれは災害時における迅速な道路情報共有の課題を解決するための1手段として、プローブカー情報に着目し、実際に災害時に通行した車両の情報を集約し、「通れる道路」の情報として共有することを考えた。ただし、実際のプローブカー情報は、過去のある時点に、車両がある箇所を通行した(通った)軌跡を意味していることから、「通れた道路マップ」と命名した。被災地である柏崎市は、平成16年新潟県中越地震の際に、われわれが災害対応実態調査を実施しており、交流があった自治体であった。地震発生翌々日の7月18日に柏崎市を訪問し、「通れた道路マップ」の試作版を災害対策本部に提示したところ、是非利用したいとの要望があった。その後、本田技研工業株式会社に協力の要請を行い、19日より「通れた道路マップ」を配信することとなった。本田技研工業株式会社から提供されたプローブカー情報は、車両を識別するIDと経度、緯度、日時、時刻、方位を持っており、15秒間隔で

サンプリングされたものである。「通れた道路マップ」は、交通分野で標準的に使用されているDRM(デジタル道路地図)[72]上にプローブカーの軌跡をプロットした広域版と柏崎市街版の2種類(図6.2)を準備するとともに、プローブカー情報から平均移動速度を算出し、Google Earth上で表示を試みたもの(図6.3)をそれぞれ作成した。通れた道路マップは、図6.2に示すようにプローブカーが走行した軌跡を1日ごとに色分けして表示したものであり、これにより被災地周辺地域でどの道路が通行可能なのかが一目で判断できるものとなっている。また、交通規制が実施されている区間は、当然のことではあるが走行軌跡は見られない。色が塗られていない道路が多数見られるが、これが示しているのは、プローブカーが当該道路を走行しなかったということである。ただし、その理由はたまたま当該道路を走行しなかっただけなのか(今回は大部分がこれに相当すると考えられる。)、道路被害のためなのかは、図6.2からのみでは判断できない。次に、車両の軌跡だけでは混雑状況は判断できないので、各車両の軌跡を平均

移動速度別に3段階(青線 40km/h 以上, 黄線 20km/h~40km/h, 赤線 20km/h 以下)で表示したものが図 6.3 である。柏崎市街は, 周辺地域に比べて赤っぽく表示されており, 渋滞が発生していることがわかる。

6.3.2 通れた道路マップの試験提供

作成したマップは, 特定非営利活動法人防災推進機構のホームページ (<http://admire.or.jp/toretamap/>) 上で, プローブカーの軌跡は7月19日から, Google Earth 上での平均移動速度の表示は7月22日から, それぞれ23日まで1日1回配信した。なお, 通れた道路マップは, Google Earth 版も含めて PDF での提供とした。7月23日には, 地域の主要幹線である国道8号線が復旧するなど, 配信の必要性がなくなったと判断した。なお, ホームページ上で Google Earth の kml ファイルの提供を行わなかった理由は, 各車両の位置情報が判別できないようデータを加工する時間的な余裕が無かったためである。

6.3.3 通れた道路マップの位置づけと得られた課題

1. わが国で初めての試み

「通れた道路マップ」の試験提供は, 実際に発生した災害において, プローブカー情報を用いて道路状況を可視化し, 減災利用を試みた取り組みとして位置づけられる。こうした実災害時での減災の取り組みは, わが国では初めての試みであり, 以下に示すように課題は少なくないものの, 災害時におけるプローブカー情報の共有化の利用可能性や有効性をある程度示すことができたと考える。

2. 得られた課題

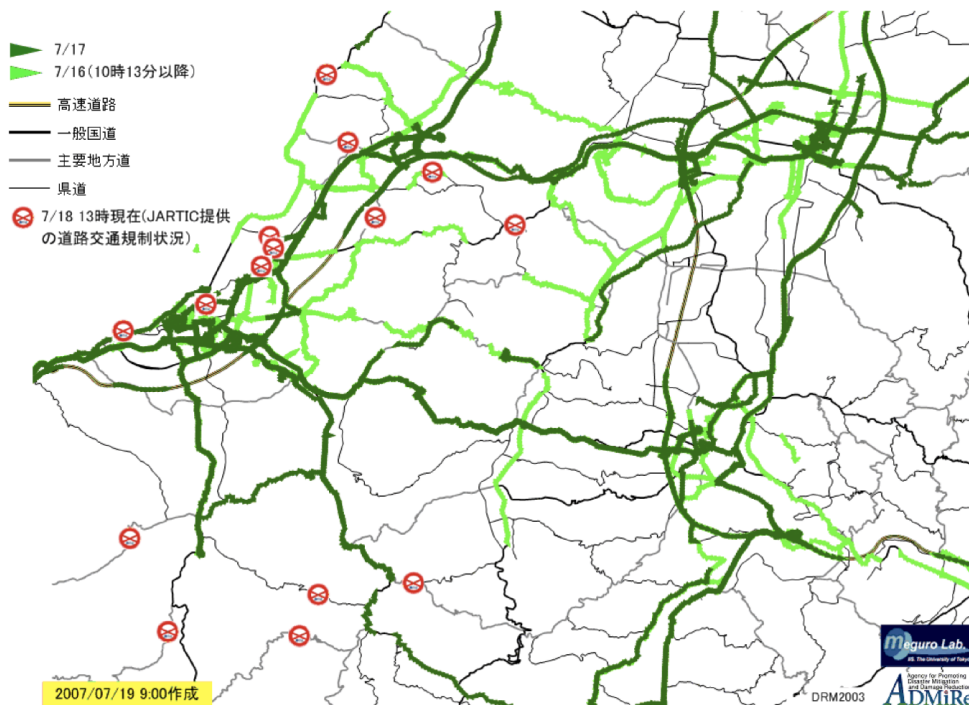
今回の取り組みは, 事前に十分な準備と関

係機関の合意を得た上で実施したものでないため, 多くの課題が挙げられた。DRM 上に走行規制をプロットした通れた道路マップは, 地名がない, 上下線が区別されていない, 拡大縮小できない (PDF での提供のため), 等々, 決して使い勝手のいいものではなく, 表示の仕方や配信方法など様々な改善の余地が考えられる。また, Google Earth 版の通れた道路マップでは, 平均移動速度を表示し, 道路の混雑状況の可視化を試みたが, これについても上下線の区別や時間帯別の表示などさらなる利便性向上が課題として挙げられる。一方, 地図の活用には事前の周知と理解が必要という指摘や, 道路管理者からは道路被害が発生している通行困難な道路へ誘導しているようにとられかねないという指摘や, 「通れた道路」というのは, 「通れる」ことを保証しているように誤解されるといった指摘があった。以上のように, 実際の情報を配信する取り組みを通して, より具体的な課題が明らかとなった。これらの課題の解決策も含め, 実現に向けた課題と展望については, 6.5 で併せて議論する。

6.4 プローブカー情報による道路状況の把握の可能性

われわれは, これまで2004年新潟県中越地震や2004年台風16号および23号における浸水被害(高松市)の分析を行い, 交通規制箇所や浸水被害箇所とプローブカーの軌跡の関係について検討を行っている[55]。その結果, 規制箇所や浸水被害箇所を走行する車両は基本的にいないことや, 規制箇所や浸水被害箇所に遭遇し, Uターンする車両が存在することがわかった。そこで, これまでの検討をふまえて, 新潟県中越地方を対象として, 新潟県中越沖地震後にお

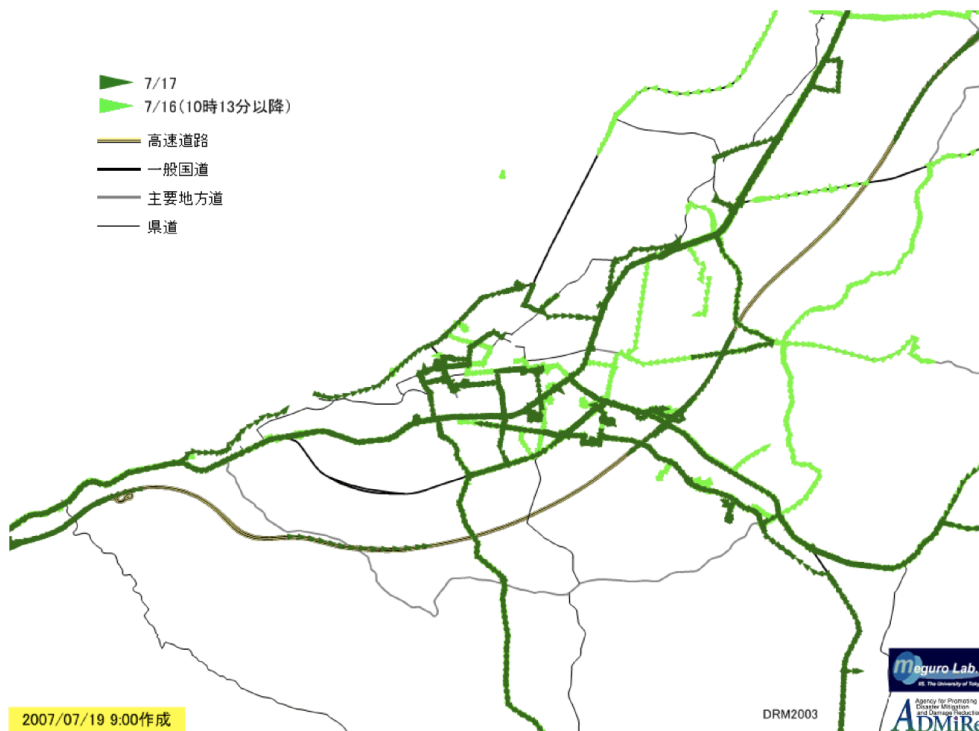
「通れた道路マップ（広域）」 平成19年（2007年）新潟県中越沖地震



本田技研工業株式会社提供のインターナビ・フローティングカー情報に基づき作成しています。© 特定非営利活動法人防災推進機構 <http://admire.jp.org/toretamap/>

広域 (2007 年 7 月 19 日 9:00 作成)

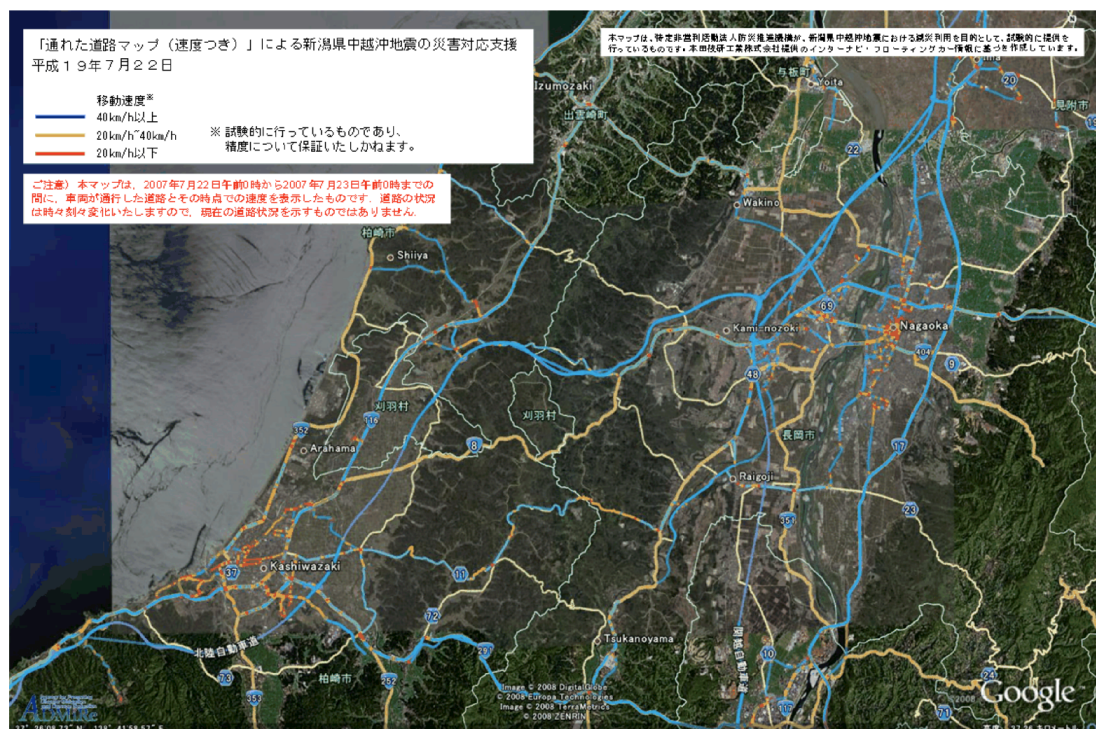
「通れた道路マップ（柏崎市街）」 平成19年（2007年）新潟県中越沖地震



本田技研工業株式会社提供のインターナビ・フローティングカー情報に基づき作成しています。© 特定非営利活動法人防災推進機構 <http://admire.jp.org/toretamap/>

柏崎市街 (2007 年 7 月 19 日 9:00 作成)

図 6.2: 通れた道路マップ



広域 (2007 年 7 月 22 日)



柏崎市街 (2007 年 7 月 22 日)

図 6.3: GoogleEarth 上における通れた道路マップ (広域と柏崎市街)

けるプローブカー情報を基に、道路状況の把握の可能性について検討する。新潟県中越沖地震が発生した7月16日10時13分から同日23時59分までの117台のプローブカーを分析の対象とする(図6.4)。解析に当たっては、ESRI社のArcGIS9.1を使用した。

6.4.1 交通規制状況とプローブカーの軌跡

交通規制情報としては、新潟県警察本部が7月17日午前中に発表した、交通規制状況が表形式で記載された文献[73]と地図上に規制箇所がプロットされた文献[74]を用いて検討する。表6.1は、文献[73]を基に、図6.5に示した柏崎市周辺地域を対象に、この地域内で実施された交通規制箇所をまとめたものである。なお、交通規制が7月17日10時まで解除されたもの、7月17日午前0時以降に開始されたものは、それぞれ除外した。また、図6.5は文献[74]を基に作成した。まず、対象地域にある10カ所の交通規制箇所のうち9カ所では、プローブカーの軌跡は見られなかった。交通規制箇所9では、1台の車両が走行しているが、交通規制が開始されたのは18時55分であり、この車両が走行したのは10時55分頃であることから、この時点では交通規制がなされていなかったために通行できたものと考えられる。次に、道路被害と関連するUターンする車両の軌跡を探した。Uターンは、プローブカー情報が有する方位の情報が短時間でかつ、移動距離がほとんどない条件で、約180度変更する場合として抽出した。抽出したUターン車両の中で、道路被害に起因するものと推定できるものを示したものが図6.6である。地震発生から車両Aが約20分後、車両Bが約40分後に国道116号線柏崎市西山町和田付近において、Uターンしていることがわかる。新潟県警察本部の交通規制状況によれば、国道116号線の柏崎市西山町和田では、道路陥没のため、10時15分から16時05

分まで全面通行止めが実施されている。図6.7では、16時05分の規制解除後に車両3台が、道路被害箇所をそれぞれ、16時39分頃(車両C 東→西)、21時12分頃(車両D 西→東)、22時28分頃(車両E 東→西)に通過しており、道路の修繕がなされ、通行可能になったことが示されている。

6.4.2 プローブカー情報による道路被害箇所の把握

新潟県中越沖地震後のプローブカー情報と交通規制箇所の状況を検討した結果、交通規制を実施した道路被害の発生している箇所を走行する車両はなく、プローブカーの軌跡は概ね通行可能な道路と見ることができる。災害直後の、ほとんど道路情報が流通していない時期においては、道路管理者の管轄に関係なく、広域に道路の通行可能状況を判断できる情報が生成できることは、防災関係機関を中心に大変有効であると考えられる。一方で、「走行していない道路が被害とは関係なく、単にプローブカーが当該道路を走行しなかった場合」や「プローブカー情報が交通規制を行う前のものであり、情報が提供された時点では交通規制が既になされている場合」、「Uターン車両が必ずしも道路被害に起因しない場合(安否確認のために出発地へ引き返したり、単に対向車線にある店舗に向かうためなど)」なども考えられることから、情報の確度については一定の限界があることを十分認識する必要がある。ただ、これらの課題についても、複数の車両情報から分析して情報の信頼性を高めるなどの工夫や平常時の走行状況との比較、プローブカーの台数の普及などにより解決される方向の問題であると考えられる。

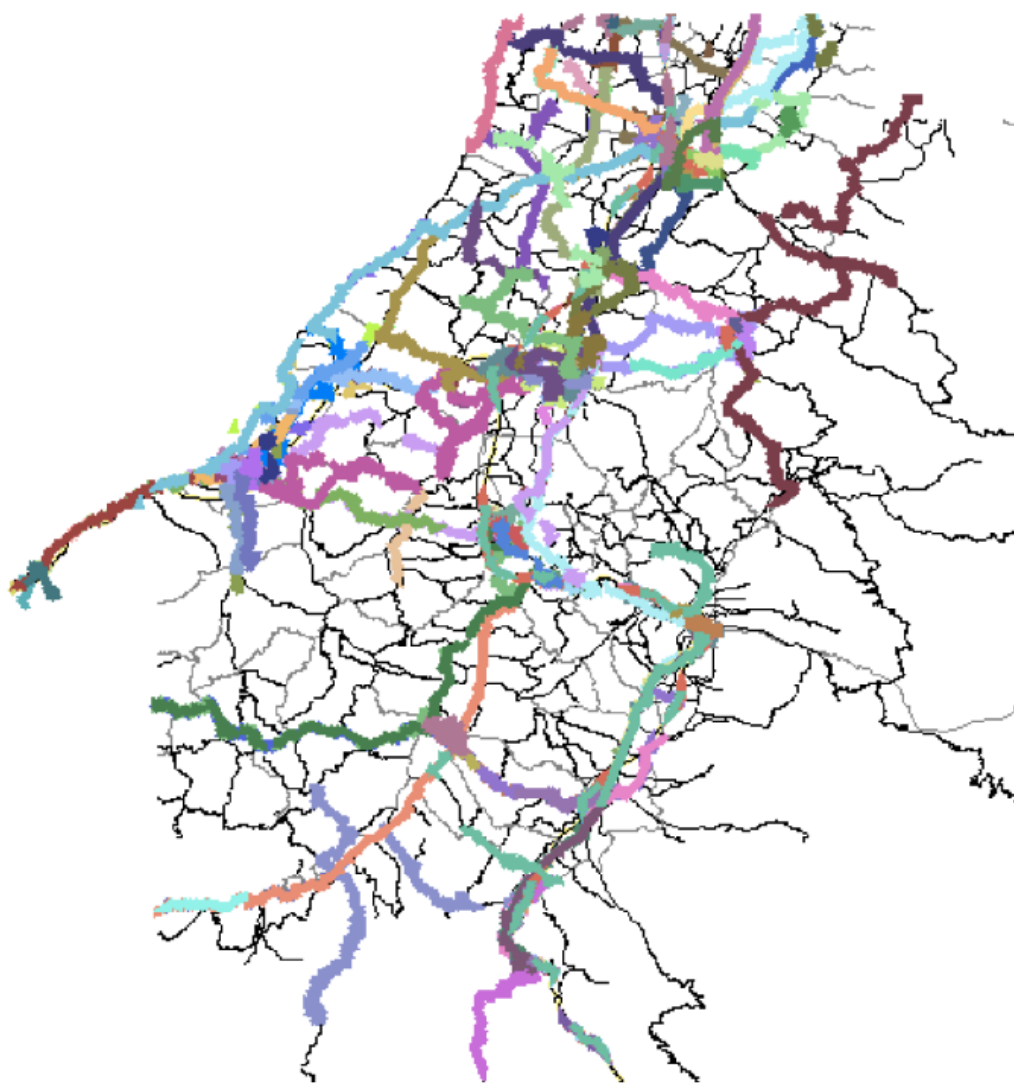


図 6.4: 新潟県中越地方の DRM 上にプロットしたプローブカーの軌跡 (2007 年 7 月 16 日)
(各色は各車両の軌跡を示している)

ID	地域機関	道路種別	路線番号	路線名	箇所名(区間起終点)	規制開始		規制解除		規制の種類	理由	規制実施者
						月日	時間	月日	時間			
1	東日本高速	高速		北陸自動車道	長岡JCT ～ 上越IC	H19.7.16	10:15			全止	地震	道路管理者
2	長岡国道	国道	8	8号	長岡市千本町(大積)	H19.7.16	10:44			全止	土砂崩れ	道路管理者
3	柏崎地域	国道	352	352号	柏崎市(西山町)椎谷(大崎)	H19.7.16	10:13			全止	道路陥没	道路管理者
4	柏崎地域	主地	73	鯨波宮川線	刈羽村赤田町方	H19.7.16	18:00			全止	道路陥没	道路管理者
5	柏崎地域	主地	73	鯨波宮川線	柏崎市吉井	H19.7.16	20:15			全止	道路陥没	道路管理者
6	柏崎地域	県道	151	東柏崎停車場線	柏崎市東本町	H19.7.16	18:45			全止	家屋倒壊	道路管理者
7	柏崎地域	県道	215	荒浜中田線	柏崎市荒浜～刈羽村正明時	H19.7.16	18:30			全止	道路陥没	道路管理者
8	柏崎地域	県道	215	荒浜中田線	柏崎市長崎	H19.7.16	18:35			全止	道路陥没	道路管理者
9	柏崎地域	県道	393	礼拝長岡線	柏崎市西山町妙法寺～刈羽村油田	H19.7.16	18:55			全止	道路陥没	道路管理者
10	柏崎地域	県道	433	東長島五十土線	柏崎市成沢	H19.7.16	19:00			全止	道路亀裂	道路管理者

表 6.1: 柏崎市周辺の道路規制状況

注) 新潟県警察本部 7 月 17 日 10:00 現在発表データより図 6.5 のエリア内の交通規制箇所を抽出して作成

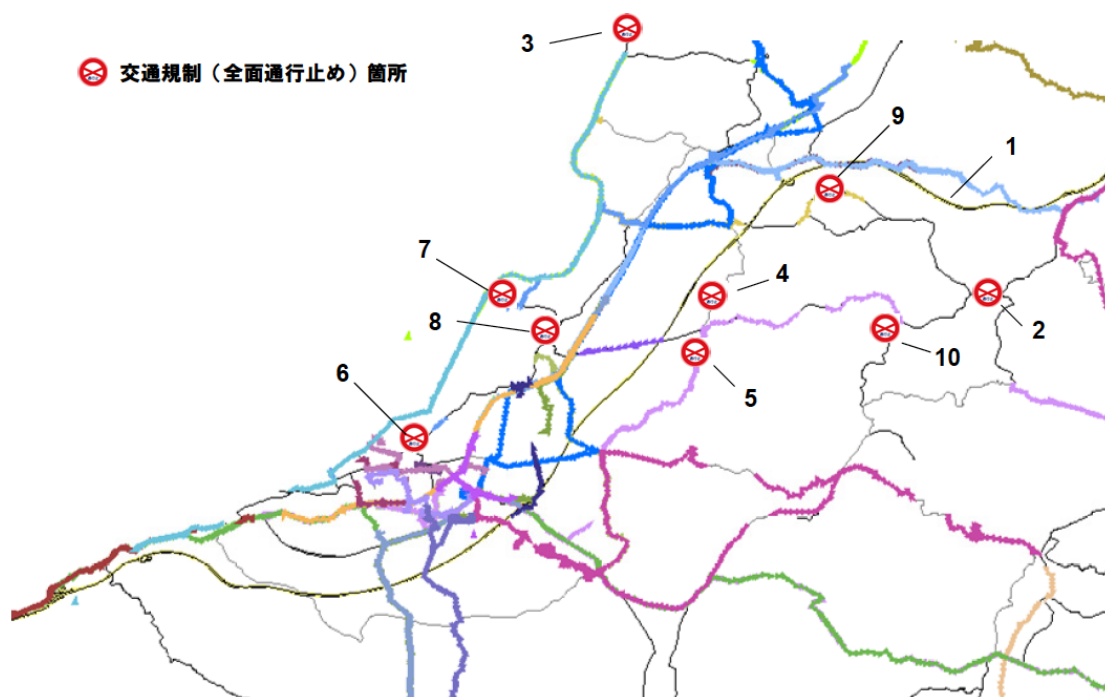


図 6.5: 柏崎市周辺のプローブカーの軌跡 (2007 年 7 月 16 日) と交通規制箇所 [74](2007 年 7 月 17 日 9 時現在)

(交通規制箇所の番号は表 6.1 の ID と対応)

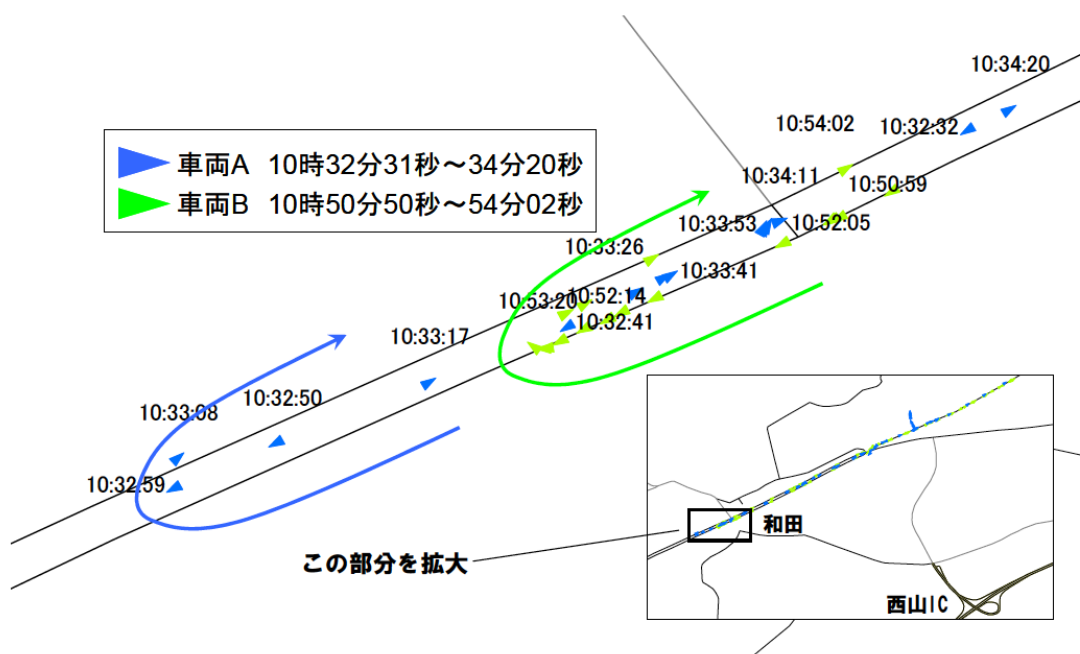


図 6.6: U ターンする車両の軌跡 (西山町和田付近) (2007 年 7 月 16 日)

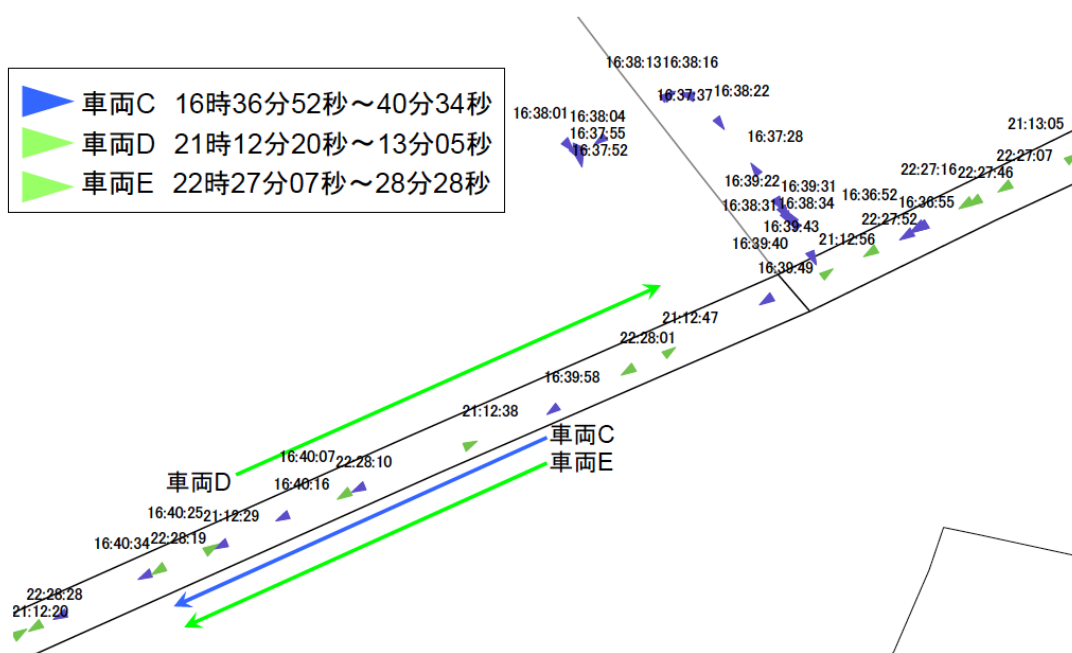


図 6.7: 交通規制解除後の走行状況 (西山町和田付近) (2007 年 7 月 16 日)

6.5 プローブカーを用いた災害 時道路情報配信の事業化に 向けた検討と展望

地方自治体やライフライン事業者、警察、消防等の災害対応に、道路情報は欠かすことのできない重要な情報である。しかしながら、災害時には、いわゆる通れない道路情報の収集が容易でなく、その集約に至ってはさらに困難を極めているのが実情である。プローブカー情報を活用すれば、通れる道路情報や通れない道路情報を、現地から直接入手することが可能となる。自動車会社やカーナビメーカーが連携することで、プローブカー情報の集約が可能となる。また、一般車両だけでなく緊急車両の情報を活用することができれば、片側通行可能か、大型車通行可能か否か等、円滑な災害対応に資する道路情報としても利活用することができる。そこで、われわれを主として構成される特定非営利活動法人が、プローブカー情報の減災利用研究会 [75] を主催し、減災に資する道路情報の配信に関係する自動車、カーナビ、物流、災害情報配信の各業界を代表する会社の参加を得て、同研究会にて各業界からの話題提供とともに徹底的な議論を行った。同研究会では、プローブカー情報の減災利用に関する技術的課題について整理した。プローブカーにおける走行データの収集技術については、自動車会社、カーナビ会社の各社で実用化が行われており、基本的な技術は確立されていると言える。しかしながら、各社毎にデータフォーマットが異なっているため、各社の走行データを集約するためには、データの標準化が不可欠である。とはいえ、災害時のみに利用する目的で、各社が連携してデータフォーマットを統一し、データ処理センターを設立、運営するのは現実的ではない。したがって、各社で共有すべき最低限のデータについてのみ、標準データフォーマットとして策定し、互いに共有できる仕組みが望ましいとの結論に至った。

一方、現状では情報の共有化に関する法律はなく、法律的課題は存在しないことが確認された。市販のカーナビでは、道路情報と周辺の基盤情報を用いて、各種サービスが行われている。例えば、大型駐車場へ車を誘導する際には、基盤データとして車載器側に登録されている入り口情報を用いており、また最短経路探索では、基盤データとして車載器側に登録されている道路渋滞統計情報を用いている。したがって、道路基盤情報と道路沿線のハザード情報、そして車両走行情報を組み合わせることによって、道路被害あるいは道路沿線の災害情報を創出し、配信することも可能であるとわれわれは考えている。しかし、「通れた道路」をさらに発展させて、可能な限りリアルタイムで走行データを処理、集約した「通れる道路」の情報が提供されても、やはり「通れない道路」の情報を得ることはできない。したがって、「通れない道路」すなわち道路被害箇所を、道路基盤情報と道路沿線のハザード情報、さらに車両の異常走行データを組み合わせて推定することによって道路被害推定情報を創出する研究に着手している [76]。このような災害情報をプローブカー情報の提供者(会社、ドライバー)に返すことによって、データ提供者にメリットを与えることができる。対象とする災害を地震災害だけでなく豪雨水害や土砂災害等にも拡張すれば、ドライバーが災害に遭遇する確率は高くなり、災害時のデータ提供に限定されたシステムであっても、データの集約と提供を可能とする環境の醸成が期待できると考えている。

6.6 まとめ

本研究では、プローブカー情報の減災利用の特長を整理し、2007年新潟県中越沖地震後のプローブカー情報の減災利用に向けた取り組みとして実施した「通れた道路マップ」の試験提供について紹介した。次に、プローブカー情報から道路状況の把握の可能性について検討し、

一定の限界はあるものの概ね災害時の判断に資する道路情報を生成することが可能であることを示した。また、プローブカー情報の減災利用の事業化を目的として、自動車、カーナビ、物流、災害情報配信の各業界を代表する会社の参加を得て実施した研究会における検討結果について報告した。プローブカー情報は、災害対応に不可欠である災害時道路情報の収集、集約を容易にすることによって、迅速な災害対応を支援し、減災に貢献できる大きな可能性を有している。

第7章 考察

本章では、これまでに述べた研究成果を踏まえて全体に関する考察を行う。まず、提案するアーキテクチャについて考察を行い、その後、情報の共有に関して大きな問題となりうる共有が必ずしも好ましくない情報の事例について考察を行う。

7.1 災害情報共有における情報システムのアーキテクチャ

本論文3章にて本研究のベースとなるアーキテクチャについて述べた。本アーキテクチャでは各情報システム上での情報の受け渡しのみが規定されており、具体的で実用的なデータ項目に関してはアーキテクチャ自体は関与しない。ただし、アーキテクチャ上でデータ構造を動的に追加できる仕組みが用意されており新しいデータ構造が必要になったときには追加することができる。これは、標準的かつ災害時に必要な情報を網羅するようなデータ構造の整理がまだなされていないための設計であり、最適なデータ構造が判明しないときに試行錯誤しながらシステム結合し、その知見が得られた後で型を汎化、標準化するには都合が良い。実際に第3章、第4章、第5章では多くの災害対応システム、ロボットを接続したが、それぞれで扱うデータ項目が異なる場合でも協議して調整をすることは比較的容易であった。これには、XMLが本質的に木構造を扱え、人間に可読である形式であったことが大きな要因であったと思われる。また、XML Schemaにて一度作成した型定義を再利用できるため、意味的に同じ構造のデータは1箇所での型定義し、その型を複数箇所から参照することが可能である。SQL等で扱うテーブル形式のデータ構造では各テーブルのカラム

が型を持つので型定義が分散しやすい。例えば、XML Schemaで項目A,BからなるC型を定義し、それを要素D, 要素Eで参照する場合、Cの定義は一箇所が良い。それに比べてテーブル形式の場合には、要素Dを現すテーブルのカラムにA, Bの型が必要であり、また要素Eを表わすテーブルでもA, Bの型が必要である。また、型が標準化されすでに定義されていれば、1から新たに型を定義するよりも手間も少ないため型のセットをシンプルに保つことができる。

本アーキテクチャでは、このようなXML Schemaを利用した動的型登録を可能とするアーキテクチャとなっているため、災害等の特定の利用範囲でのデータ構造の標準化の際にテーブル型よりも標準化を行い易いと考える。

本研究ではXML Schemaを利用して厳密な型チェックを行ないデータのやりとりを行っている。一般に、XMLデータベースでは、データ構造を規定せずに使うものが多い。これらの型定義の無いXMLデータベースも試行錯誤によってデータ構造を規定していきやすいと考えるが、上記のXML Schemaの型定義による型定義の再利用の恩恵を受けることはできない。

このようなアーキテクチャ上で、第4章で実際にスキーマを作成した。これらのスキーマは他の章の実験等でも使われており、第4章で述べたような整理を行なっていくことによって、あ

る程度汎用的なデータ型を作成できると考える。

今後、このような整理と、実際にさまざまな場面で使用することによるブラッシュアップを重ねることで、標準的なスキーマを作成することができると考える。このようなスキーマとデータのやりとりの手順の標準化が防災システム連携において最も重要なものの一つであろう。

7.2 情報の全共有と部分的共有

災害時には基本的には情報の共有が重要である。しかしながら、取り扱いに注意の必要な情報が存在する。その典型的な例として個人情報がある。

7.3 個人情報

「個人情報の保護に関する法律」[77]により個人情報の保護が法制化されており、個人情報取扱事業者は本人の同意無しに個人情報を第三者に提供してはならない。災害時の取り扱いに関しては、第23条第1項第2号にて「人の生命、身体又は財産の保護のために必要がある場合であって、本人の同意を得ることが困難であるとき」には例外として個人情報を第三者に提供することができる。例えば、「大規模災害や事故等の緊急時に、患者の家族等から医療機関に対して、患者に関する情報提供以来があった場合」などはこれにあたる[78]。

個人に関わる情報は取り扱いに注意が必要ではあるものの、災害時には重要な情報となりうる。ただし、どの情報をどの程度出すべきであるのかは必ずしも明確でない。個人に関わる情報を共有することの危険性と有効性はトレードオフの関係にあり、どの程度まで出していくべきかは、ありうる使用状況と効果を考えた上で、注意深く決めていく必要があると思われる。以下に個人情報に関する2つの事例について述べる。

表 7.1: 阪神・淡路大震災 安否確認

	当日	一週間後
芦屋	47.0%	30.8%
宝塚	60.4%	34.0%

7.3.1 安否情報

表 7.1 は、阪神・淡路大震災後の調査[79]で、家族や知人の安否情報が必要であったと答えた人の割合である。これらの地域では、当日で半数程度の人々が、家族や知人の安否情報が必要であったと答えている。1週間後になっても3割を越える人々が必要であったと答えており、この状況が解消されたのは2~3割程度と低く、関心が高い情報にも関わらず情報が入りにくい状況である。

7.3.2 山梨大学医学部附属病院実験

2010年5月22日に山梨大学医学部附属病院にて病傷者の情報を扱うトリアージ訓練を行った。トリアージとは、重症度、緊急度によって多数の傷病者を分類することを言う。重症者や急を要する者を優先的に治療するために行う。日本では黒(死亡、もしくは助かる見込みがほとんど無い)、赤(重症)、黄色(中等症)、緑(軽症)の4つのレベルで分類を行う。トリアージの情報を共有することで、病院内での情報共有のみならず、大域での安否確認を行うことができる。本実験では、トリアージレベル、氏名等、病院内の場所を DaRuMa を用いて共有した。病院内の場所は Felica カード/Felica リーダーを用いて情報取得を行った。トリアージを受けた患者に渡されるトリアージタグに Felica カードを張り付け、そのカードを緑エリアやレントゲン室等のそれぞれの場所に供え付けた Felica カードリーダーにて読み取ることで位置を特定した。図 7.1 にシステム構成を示す。3章にて述べた災害情報共有データベースシステムを紹介

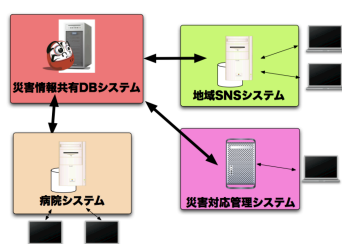


図 7.1: トリアージシステム連携



図 7.3: 病院、避難所連携による安否確認



図 7.2: 山梨大学医学部附属病院実験の様子

して各システムが連携を行う。病院システムが、Felica による位置情報、名前等の患者情報を災害情報共有データベースシステムに登録し、市町村のシステムを想定する災害対応管理システムにて被害状況の確認を行う。地域 SNS システムでは、全員に公開されている情報に加え、家族の安否情報を見ることができる。

今回、患者の情報は SNS システム上で家族関係にある人、および病院関係者のみ確認できるようにした。病院関係者が確認を行えることで、名前と詳細な位置が分かることから、病院での患者問い合わせ対応が効率的に行える。また、仮想の他病院のデータとしてダミーデータを登録した。図 7.3 のように複数病院間、避難所等で情報を共有できれば、安否の確認が効果的に行えるようになる。

7.3.3 プローブカー情報

6 章にて、プローブカー情報を用いて作成する道路情報の共有に関する研究について述べた。

この研究では、通れた道路の地図を公開した。プローブカーの情報として、各車ごとの位置、場所が収集され、サーバに蓄積される。そのため、ある車の移動経路をデータから追うことができってしまう。車を自宅に置いてある人は多いが、その車が移動した場合、自宅から行き先までの経路が分かってしまう。すなわちどの家の車がいつどこに行ったかを見ることができる。これをそのまま公開してしまうとプライバシー上の問題となるため、データをそのままでは公開せず、すなわち細かな情報は出さず、大域的な道路情報のみを公開した。

必ずしも細かな情報は必要では無いので大域的な道路情報程度で留めるのは妥当であろうと思われる。ただ、この場合は細かな道の通行については情報があるにも関わらず公開出来ない。対策として、例えば中程度の道に出るまでの車の軌跡は無視する、移動し始めからある程度の時間もしくは距離までの軌跡は無視する、軌跡を細切れにする等の対策を行えば、ある程度問題は解決できる可能性はあるが、基本的な問題として細かい情報と個人情報を出すことのトレードオフが存在する。

7.3.4 個人情報のトレードオフ

以上のように個人情報に関わる情報について、どの程度の情報を公開すべきかは必ずしも明確でない。他にも各詳細情報は公開できなくても統計量としては問題無い例も多い。

個人に関わる情報を共有することの危険性と有効性はトレードオフの関係にあり、どの程度まで出していくべきかは、ありうる使用状況と効果を考えた上で、注意深く決めていく必要があると思われる。

7.4 まとめ

本研究ではアーキテクチャについて提案を行い、災害で扱う基本的な項目に対して情報項目の一部について整理、制定を行った。しかしながら、個別の災害事例や対策機関での取り扱いなど、現段階では全てを網羅しているとは言い難い。しかしながら、共通化出来る部分も多く、事例を増やすことで共通化できる部分の整理が可能だと考える。これは今後の課題である。

第8章 まとめ

本章では、本論文のまとめと今後の課題について述べる。本研究では全体のアーキテクチャ、アーキテクチャ上での情報項目の策定、アーキテクチャ上の情報共有に対する個々の情報取得の課題に至るまで、防災・減災のためのコンピュータシステムにおける全体から部分までを包括して検討を行い、本アーキテクチャの有効性を示した。

本研究では全体のアーキテクチャ、アーキテクチャ上での情報項目の策定、アーキテクチャ上の情報共有に対する個々の情報取得の課題に至るまで、防災・減災のためのコンピュータシステムにおける全体から部分までを包括して検討を行った。

まず、防災に関わる各種情報システム連携に適したアーキテクチャを提案した。提案したアーキテクチャは災害の個々の情報共有システムがすでに存在する場合があることを前提として、それらを有機的に連携するための枠組として各情報システム間のプロトコルを定め、ゆるやかに情報システム連携を行うことで有効な情報共有を行うアーキテクチャである。アーキテクチャを提案、核となるデータベースシステムを実装、公開した。また、多数の機関が参加し多数のシステムを本アーキテクチャ上で統合させることで、実際に共有可能性、システム統合の容易性を確認した。

次に防災分野の統一的、網羅的な情報スキーマの策定に向けてスキーマ設計方針・手法を提案し、一部スキーマの作成を行なった。特に、災害対応の一例として水害に焦点を当て、災害業務と情報を分析し、情報項目の体系化を試みた。また、情報共有のための実証実験により、構築したスキーマの有効性を評価した。

本アーキテクチャでは、災害現場での詳細な情報から広域における情報までを統合して扱うことができる。アーキテクチャ、スキーマに加

え、実際のデータとして災害現場での詳細な情報、広域における情報の両方に関してそれぞれ検討を行った。

詳細な情報として、複数の移動ロボット情報統合のための座標系モデルを提案、実装し複数のロボットを用いて実験を行った。大域情報を扱う場合は比較的局所的な誤差は許容することができるが、詳細情報を扱う場合には、誤差をどう扱うかは本質的に重要な問題である。その問題に対し、座標系モデルの提案、実装、実験を行った。

また、大域情報の一つとして、災害時に最も重要な情報の一つである道路情報に対する検討を行った。プローブカー情報を用い、道路状況の把握の可能性について検討し、一定の限界はあるものの概ね災害時の判断に資する道路情報を生成することが可能であることを示した。

以上のようにこれまで、コンピュータシステムにおける全体から部分まで包括して検討を行い、アーキテクチャ上で、さまざまな情報の統合を扱ってきた。防災、減災分野でのコンピュータシステムの有効利用はいまだ発展途上の段階にある。今後の発展のためには、統一的な情報表現の策定、標準化が重要になってくるであろうと考える。

参考文献

- [1] 内閣府. 平成 22 年版 防災白書, 2010.
- [2] 阿部雅人, 藤野陽三. 自然災害リスクの特性に関する統計的分析. 土木学会論文集, Vol. 64, No. 4, pp. 750–764, 2008.
- [3] 日本建築学会. 阪神・淡路大震災調査報告, 総集編, 共通編–1. Mar. 2000.
- [4] 内閣府. 平成 17 年版 防災白書, 2005.
- [5] 中央防災会議. 東海地震対策大綱, 5 月 2003.
- [6] 内閣府 (防災担当). 東海地震及び東南海・南海地震に係る被害想定手法について, 6 月 2004.
- [7] 内閣府. 首都直下地震の被害想定 (概要).
- [8] 東京都. 首都直下地震による東京の被害想定報告書, 5 月 2006.
- [9] 内閣府 (防災担当). 被害想定結果について, 2 月 2005.
- [10] 中央防災会議. 首都直下地震に係る被害想定手法について, 2 月 2005.
- [11] 中林一樹. 区部直下の地震と首都機能の課題, 2 月 2004.
- [12] 中央防災会議「防災情報の共有化に関する専門調査会」. 防災情報の共有化に関する専門調査会報告, 7 月 2003.
- [13] 文部科学省. 大都市大震災軽減化特別プロジェクト 平成 14 年度成果報告書 IV-2-8 「大都市大震災に対応可能な IT を用いた自治体・防災機関・市民間の広域的災害情報共有・交換システムモデルの研究開発」.
- [14] 高松紘子, 柳沢振一郎, 鎌江伊三夫. 兵庫県における災害時医療システムの現状と課題, 2002.
- [15] 下羅弘樹, 松井宏樹, 野田五十樹. 分散システムアーキテクチャによる防災システム連携. 日本地震工学会論文集, Vol. 9, No. 2, pp. 61–72, 2 月 2009.
- [16] 浅野俊幸, 下羅弘樹, 外間正浩, 天見正和, 佐土原聡. 災害対応情報の共有化を考慮した XML スキーマの設計. 情報知識学会論文誌, Vol. 18, No. 3, pp. 220–239, 10 月 2008.
- [17] 秦康範, 鈴木猛康, 下羅弘樹, 目黒公郎, 小玉乃理子. 新潟県中越沖地震における通れた道路マップの提供とプローブカー情報の減災利用実現に向けた課題と展望. 日本地震工学会論文集, Vol. 9, No. 2, pp. 148–159, 2 月 2009.

- [18] 佐藤基志, 五十田博, 佐藤友彦, 三宅辰哉. 木造住宅用耐震補強技術の費用対効果の関する試算. 日本建築学会構造研究論文集, Vol. 74, No. 637, pp. 519–625, 3 月 2009.
- [19] 三宅偉雄. 今, なぜ地域の自主防災活動か〜自分の命は自分で守る, 自分たちのまちは皆で守る〜, 6 月 2002.
- [20] 阪神・淡路大震災神戸市災害対策本部. 阪神・淡路大震災—神戸市の記録 1995 年—. 1996.
- [21] 各府省情報化統括責任者連絡会議. 災害管理業務の業務・システム最適化計画, 12 月 2005.
- [22] 中央防災会議. 防災情報の共有化に関する専門調査会報告のポイント, 7 月 2003.
- [23] 秦康範, 鈴木猛康, 天見正和. 地方自治体災害情報様式で取り扱う情報項目に関する一考察. 災害情報, Vol. 6, pp. 95–106, 3 月 2008.
- [24] 消防庁. 災害報告取扱要領 (昭和 45 年 4 月 10 日付消防防第 246 号), 4 月 1970.
- [25] 防災科学技術研究所, 産業技術総合研究所. 減災情報共有プロトコル. <http://www.kedm.bosai.go.jp/project/info-share/infosharp/index.html>.
- [26] 産業技術総合研究所, 防災科学技術研究所. DaRuMa. <http://sourceforge.jp/projects/daruma/>.
- [27] 産業技術総合研究所, 防災科学技術研究所. DaRuMa. <http://www.kedm.bosai.go.jp/project/info-share/downloads/>.
- [28] 文部科学省. 科学技術振興調整費「危機管理対応情報共有技術による減災対策」平成 18 年度委託業務成果報告書.
- [29] 鈴木猛康, 秦康範, 天見正和. 災害時情報共有に関する実証実験の実施と評価. 災害情報, No. 6, pp. 107–118, 3 月 2008.
- [30] 工学院大学. 情報共有技術の活用と地域住民・自治体の協働による減災対策に関する報告書, 3 月 2007.
- [31] Tim Bray, Jean Paoli, C. M. Sperberg-McQueen, Eve Maler, and François Yergeau. Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fourth Edition). <http://www.w3.org/TR/2006/REC-xml-20060816/>, 2006.
- [32] 財団法人河川情報センター. 統一河川情報システム XML スキーマ定義書 (Ver.1.1). <http://www5.river.go.jp/guideline/RiverXMLschema/XMLschema.pdf>, May. 2004.
- [33] 財団法人ニューメディア開発協会財団法人河川情報センター. NMDA 電子申請フレームワーク電子申請用 XML 様式的设计ガイドライン【第 2 版】, 2002.
- [34] RWML ワーキンググループ. 道路用 web 記述言語仕様書 version1.0. <http://www2.ceri.go.jp/jpn/rwml/rec-100/rwml-100.html>, Nov. 2003.

- [35] 国土交通省国土技術政策総合研究所. 災害情報標準資料. CD-ROM, 2006.
- [36] 独立行政法人防災科学技術研究所他, Mar. 2007.
- [37] 防災科学技術研究所, 産業技術総合研究所. 防災関連 XML スキーマ公開ページ.
<http://www.kedm.bosai.go.jp/project/info-share/infosharp/xmlschema.html>.
- [38] 中央防災会議. 防災情報の共有化に関する専門調査会 (第 10 回会合) 資料-2, 6 月 2003.
- [39] 浅野俊幸, 大貫信治, 角本繁, 浦山利博, 齋藤真人, 佐々木光明. ファクシミリと時空間 GIS による災害情報収集システムの開発. 地理情報システム学会講演論文集, 第 14 巻, pp. 471-474. 地理情報システム学会, 2005.
- [40] 瀧本浩一, 橋本幹男. 小さな自治体向けの災害時支援システムの開発～情報の整理, 共有, 発信に関して～. 地域安全学会論文集, No. 4, pp. 335-344, 2002.
- [41] 山田博幸, 古戸孝, 浦山利博, 角本繁. 自治体の地震防災に貢献する防災情報システムの構築に関する研究. 地域安全学会論文集, No. 6, pp. 67-74, 2004.
- [42] OASIS. XML and Emergency Management. <http://xml.coverpages.org/temergencyManagement.html>(2008 年 5 月 1 日参照), 2006.
- [43] Organization for the Advancement of Structured Information Standards. Common alerting protocol v1.1. <http://www.oasis-open.org/committees/download.php/15135/emergency-CAPv1.1-Corrected\DOM.pdf>, Oct. 2005.
- [44] OASIS. Emergency Data Exchange Language(EDXL) Distribution Element, v.1.0, 2006.
- [45] OASIS. Emergency Data Exchange Language Resource Messaging (EDXL-RM) 1.0, 2008.
- [46] 細川直史, 座間信作. 災害情報の共有化に関する考察, 第 100 号. Mar. 2006.
- [47] 山本晴彦, 牛山素行. 豪雨災害時における地方自治体の防災情報通信システムの利活用に関する調査研究, 2005.
- [48] 千葉県総務部消防地震防災課. 第 1 回「(仮称) 防災情報ターミナルちば」整備検討委員会資料 千葉県総合防災情報システム機能概要, 2003.
- [49] 棚橋元. 7.13 水害を踏まえた防災情報の課題と新潟県の対応, 2005. 平成 17 年度国土交通省国土技術研究会.
- [50] 江草由佳, 高久雅生, 石塚英弘. 分散環境におけるデータベースに関する情報の共有システム. 情報知識学会, Vol. 15, No. 3, pp. 1-17, 2004.
- [51] 辻本哲郎. 技報堂出版, 1 版, 2006.

- [52] Itsuki Noda, Yasushi Hada, Jun ichi Meguro, and Hiroki Shimora. Information Sharing and Integration Among Rescue Robots and Information Systems. In Satoshi Tadokoro, Fumitoshi Matsuno, Hajime Asama, Koichi Osuka, and Masahiko Onosato, editors, *Proc. of IROS2007 Full-Day Workshop MW-3 (Rescue Robotics)*, pp. 125–139. IROS, Oct 2007.
- [53] Open Geospatial Consortium, Inc. Opengis web feature service (wfs) implementation specification, version: 1.1.0, ogc 04-094.
- [54] Open Geospatial Consortium, Inc. Opengis geography markup language (gml) encoding standard version: 3.2.1, ogc 07-036.
- [55] 秦康範, 小玉乃理子, 鈴木猛康, 末富岩雄, 目黒公郎. 走行車情報を用いた災害時道路情報共有化に関する研究. 土木学会地震工学論文集, Vol. 29, pp. 801–809, 2007.
- [56] 久保田一水. 平成 10 年 9 月の豪雨災害 ('98 豪雨) を教訓にした道路災害への対応について. 交通工学, Vol. 35, No. 5, pp. 32–37, 2000.
- [57] 鎌田洋一. 道路情報提供に関する現状と今後の展開, 2005. 近畿地方整備局管内技術研究発表会, 防災・保全部門.
- [58] 森川修, 丹羽さくら. 福井豪雨を経験した危機管理体制のあり方に関する一考察, 2005. 近畿地方整備局管内技術研究発表会, 防災・保全部門.
- [59] 大成和明, 綿元晋. 異常気象及び災害時の道路交通情報の収集・提供ならびに災害支援方策について, 2005. 近畿地方整備局管内技術研究発表会, 防災・保全部門.
- [60] 大島弘明. 災害時におけるトラック運送事業者の対応 ～新潟県中越地震を中心に～. 交通工学, Vol. 3, No. 3, pp. 14–18, 2005.
- [61] (財) 新潟県下水道公社. 新潟県中越地震記録誌, 2006. 近畿地方整備局管内技術研究発表会, 防災・保全部門.
- [62] 丸山喜久, 山崎文雄, 用害比呂之, 檜作正登, 岡本拓. 新潟県中越地震における高速道路被害状況と航空写真を用いた被害早期把握に向けた基礎的検討. 土木学会地震工学論文集, Vol. 28, pp. 9p(CD-ROM), 2005.
- [63] 国土交通省道路局. Its handbook2003-2004, 2003.
- [64] 本田技研工業. インターナビフローティングカーシステム. <http://www.premium-club.jp/technology/>(参照日: 2008 年 5 月 31 日).
- [65] Li Y. and McDonald M. Motorway incident detection using probe vehicles. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Transport*, Vol. 158, pp. 11–15, 2005.
- [66] 堀口良太, 和田光示. プローブの走行パターンを利用した統合型車載機での異常渋滞判定アルゴリズムの開発. 第 4 回 ITS シンポジウム論文集, 第 158 巻, pp. 6p(CD-ROM), 2005.

- [67] つるナビホームページ. <http://tsurunavi.ce.akita-u.ac.jp/>(参照日: 2008 年 10 月 31 日).
- [68] 中部経済産業局. 車のインターネット接続による新たなコンテンツ事業の研究開発, 2003.
- [69] 牧村和彦. プローブデータに基づく交通状況の予測. 国際交通安全学会誌, Vol. 31, No. 1, pp. 31–38, 2006.
- [70] (社)自動車技術会. クルマ同士の助け合いが創る新しい交通コミュニティ-プローブ情報の現状と展望-. GIA ダイアログ講演資料集, 夏季大会, 2007.
- [71] 小玉乃理子, 秦康範, 鈴木猛康, 目黒公郎. プローブデータに基づく交通状況の予測. 日本災害情報学会誌, No. 6, pp. 89–94, 2008.
- [72] 日本デジタル道路地図協会. (財)日本デジタル道路地図協会ウェブページ. <http://www.drm.jp/>(参照日: 2008 年 10 月 31 日).
- [73] 新潟県警察本部. H19.7.16 新潟県中越沖地震 (10:13 震度 6 強) に伴う交通規制状況等 7/17 11:00 現在, 2007.
- [74] 新潟県警察本部. 新潟県警察本部: 新潟県中越沖地震に伴う交通規制状況 平成 19 年 7 月 17 日 9:00 現在, 2007.
- [75] 特定非営利活動法人防災推進機構. プローブカー情報の減災利用に関する研究会. <http://admire.or.jp/files/080225probecar.pdf>(参照日: 2008 年 5 月 31 日), 2007.
- [76] 鈴木猛康, 秦康範, 小玉乃理子. プローブカー情報の利活用によるユビキタス減災情報の提供に関する研究. 第 37 回土木計画学研究発表会, pp. 4p(CD-ROM), 2008.
- [77] 個人情報の保護に関する法律, 5 月 2003.
- [78] 消費者庁. 個人情報保護法に関するよくある疑問と回答. <http://www.caa.go.jp/seikatsu/kojin/gimon-kaitou.html>.
- [79] 日本建築学会. 阪神・淡路大震災調査報告, 建築編-6. Oct. 1998.
- [80] Hiroki SHIMORA. Fuse-XML. <http://sourceforge.jp/projects/daruma/>.

付録 A XML データのための階層構造インターフェース

XML データをファイルシステムとして扱うインターフェースを提案する。タブやスペース区切りのデータ等と比較して、XML 文書は一連のデータを階層構造に整理して扱うことができるという利点があるが、その反面パースが難しくなるという欠点もある。そこで本研究では XML データの階層構造をそのままファイルシステムのディレクトリの階層構造にマッピングし、容易に XML 内のデータにアクセスできるインターフェースを提案する。これにより、探索やソートなどの既存のコマンドラインツールをそのまま利用できるようになる。

A.1 はじめに

Unix 系のシステムで古くから良く使われる形式として、データをタブやスペース等の区切り文字で区切る 1 行 1 レコード形式のデータ形式がある。この形式はコマンドラインから既存のツール等を使い情報の切り出しや変換等が容易に行なえる利点がある。一方、構造がシンプルなため階層的な構造を持つデータのような複雑なデータを扱うには向いていない。このような複雑なデータの形式として近年広く使われるようになってきているのが XML である。XML は入れ子になった階層構造のあるデータを自然に表すことができるという特徴があることなどから、現在各種データ保存などに利用されてきている。例えば XHTML や Google Earth のデータ保存形式 (KML) 等である。しかしながら XML は複雑な構造を表すことのできる表現力を持つ反面、その読み込みは比較的困難である。少しでも複雑なことを行おうとすると、XSLT(XSL Transformations) を用いて XML の変換ルールを書くか、もしくは XML パース用ライブラリを使ってパースするプログラミン

グを書く必要があることが多く、タブ・スペース区切りのファイルのように、コマンドラインやシェルスクリプトから手軽にデータの処理を行なうというわけにはいかない。

本研究では XML とファイルシステムが共に入れ子構造であることに着目し、XML の木構造をファイルシステムの木構造としてマッピングするインターフェースを提案する。XML を変換することで、ユーザやプログラムからは普通のファイルシステムへのアクセスとなる。そのため、コマンドラインから `find` や `sort`, `grep` 等の既存のツールや、`cd` や `for` 等のシェルコマンドをそのまま利用でき、XML 内のデータに容易にアクセスすることができる。

A.2 XML ファイルシステムインターフェース

本インターフェースでは、XML の入れ子構造をファイルシステムにマッピングする。本小節は基本的なマッピングのみを示し、詳細なマッピングについては A.5 節にて後述することと

```
<?xml version="1.0"?>
<Foo>
  <date>2007-06-04T14:00:00Z</date>
  <value>3.0</value>
  <Bar>
    <baz>abc</baz>
  </Bar>
</Foo>
```

図 1: Sample XML Document

```
/Foo/
/Foo/date
/Foo/value
/Foo/Bar/
/Foo/Bar/baz
```

図 2: Mapped Directory

する。

XML 文書内の各要素とファイルシステムのマッピングを行なう。子要素を持つタグはディレクトリにマッピングする。子要素を持たないタグはファイルにマッピングし、タグ中のデータはファイル中に保存する。

図 1, 図 2 にマッピングの例を示す。図 1 のサンプルデータは図 2 のようにマップされる。<date>, <value>, <baz> の各タグは子要素を持たないため、ファイルとなる。それぞれの値である "2007-06-04T14:00:00Z", "3.0", "abc" がそのまま文字列としてファイル内のデータとして格納される。またそれらのタグを囲む <Foo>, <Bar> は子要素を持つためディレクトリとなる。

以下は、図 1 の XML データをマッピングしたディレクトリに対しシェルからアクセスする例である。

```
% cd ./Foo
% ls -F
date value Bar/
% cat date
```

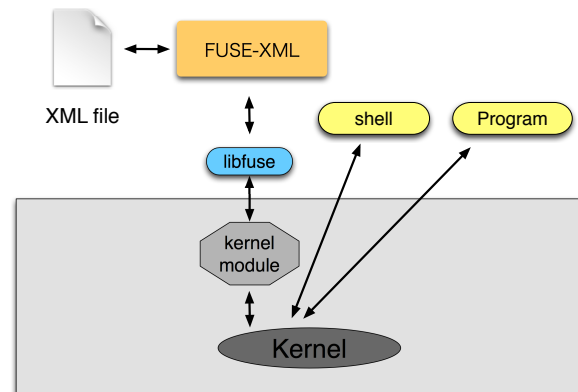


図 3: FUSE-XML の全体構成

2007-06-04T14:00:00Z

A.3 FUSE-XML の構成

前述のインターフェースを実現するため実装を行い、この実装を FUSE-XML として公開した [80]。この実装には FUSE を用いた。FUSE (Filesystem in Userspace) を用いることでファイルシステムをユーザ権限でマウントするプログラムを作成することができる。カーネルに依存しない形で実装することが出来るため移植性にも優れる。

FUSE-XML の全体構成は図 3 のとおりである。FUSE-XML は与えられた XML のパージングを行い、内部でマッピングを行なう。FUSE のライブラリである libfuse を通して、XML データをファイルシステムとしてユーザに提供する。シェルなどプログラムからはただのディレクトリ、ファイルとして見える。

A.4 使用例

このインターフェースを用いることで、ユーザはシェル上もしくはシェルスクリプト内で既存のコマンドを用いて容易に XML 中のデータ

にアクセスすることができる。以下にいくつかの例を示す。

- 特定の項目のみ取り出す

```
% cat ./Foo/*/value
```

- 項目の内容が特定の文字列にマッチするもののみ取り出す

```
% grep '^茨城県' ./*/address/text
```

- 結果の内容をソートする

```
% sort ./**/value
```

- 全文検索

タグと内容を区別してパターンマッチを行うことが可能である。以下の場合、タグ名はパターンマッチの対象とはならない。

```
% find . -type f \
  -exec grep -e 'PATTERN' \{\} \
  /dev/null \;
```

- データ中の項目を組み合わせてグラフを表示する

```
% for f in ./*
do
  (cat $f/x; printf ' '; \
  cat value; echo)
done | xgraph
```

その他の利用例として、mercurial や git のようなバージョン管理システムを用いて項目単位でのバージョン管理などを行うことができる。

この場合、行指向でない XML 文書をそのままの状態では管理するのは難しい。ファイルシステムにマッピングすることで項目ごと、すなわち意味ごとにファイルに分かれるため、更新の差分を読み取りやすくなる。

A.5 XML とファイルシステムのマッピングの詳細

本モデルでは、XML とファイルシステムの両方が入れ子構造であることの類似性から、基本的には入れ子構造をそのままの形でマッピングを行なう。しかしながらマッピングに関して XML およびファイルシステムそれぞれに特有の問題があり、修正が必要であった。修正を以下に示す。

A.5.1 繰り返し要素の対応

XML の場合は子要素に同名のタグが存在する場合がある。例えば以下の<Bar>がそうである。

```
<Foo>
  <Bar>
    <baz>abc</baz>
  </Bar>
  <Bar>
    <baz>def</baz>
  </Bar>
</Foo>
  <Bar>
    <baz>ghi</baz>
  </Bar>
```

これらすべての Bar を /Foo/Bar/ としてファイルシステム上で見せることは不可能ではないが、これは通常の状態ではないためシェル上からのアクセスは困難である。そのため同一名の

要素が複数存在する場合は、以下のようにファイルもしくはディレクトリ名の最後に”[数字]”の形式でインデックスを付与するようにした。なお、この形式は XPATH の構文と同じものである。

```
/Foo/Bar[1]/baz  
/Foo/Bar[2]/baz  
/Foo/Bar[3]/baz
```

A.5.2 XML 名前空間とパス名の使用可能文字に関する対応

XML ではタグの一意性を確保するため、URL を用いた名前空間を採用している。例えば以下のタグは名前空間”http://foo.example.org/bar”に属している Foo である。

```
<Foo xmlns="http://foo.example.org/bar"/>
```

一般的に名前空間を含めてこのタグを表わす場合には、名前空間を {} で囲い、その後に要素名を続ける表現方法が使用される。本マッピングでも名前空間付きのタグはこの表現方法を採用し、ファイル名、ディレクトリ名として使用する。以下に例を示す。

```
{http://foo.example.org/bar}Foo
```

ただし、名前空間中にはスラッシュのようにファイル名、ディレクトリ名として使用することのできない文字が入ることがある。そのため使用できない文字は文字コードを%+2桁の16進数という形でエスケープし、ファイル名、ディレクトリ名にエンコードするようにする。例えば以下のとおりである。

```
{http:%2f%2ffoo.example.org%2fbar}Foo
```

エンコードを行うことでファイルシステムで扱えない文字も扱うことができる。

A.6 まとめ

XML 中のデータにアクセスするためのファイルシステムインターフェイスを提案した。XML データをファイルシステムにマウントすることで、シェル上やプログラム等で既存のコマンドを用いてアクセスすることができる。